



TEKNILLINEN KORKEAKOULU
SÄHKÖ- JA TIETOLIKENNETEKNIIKAN OSASTO

Sanna Tiihonen

SIP-POHJAISEN KULUTTAJAPALVELUN KANNATTAVUUS

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 7.11.2005

Työn valvoja

Professori Heikki Hämmäinen

Työn ohjaaja


DI Jari Hakala

| | |
|--|---------------|
| Tekijä: Sanna Tiihonen | |
| Työn nimi: SIP-pohjaisen kuluttajapalvelun kannattavuus | |
| Päivämäärä: 7.11.2005 | Sivumäärä: 83 |
| Osasto: Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto | |
| Professori: Tietoverkkotekniikka | |
| Työn valvoja: Prof. Heikki Hämmäinen | |
| Työn ohjaaja: DI Jari Hakalin | |
| <p>Tutkielman tavoitteena oli tutkia teleoperaattorin keinoja hyötyä alan kehityksestä tarjoamalla uuden tekniikan mahdollistamia palveluita. Työssä selvitettiin kuluttajille tarjottavan SIP-palvelun kannattavuus operaattorin kannalta.</p> <p>Aluksi tarkasteltiin mitä SIP-sovelluksia tekniikka nykyään mahdollistaa. Kiinnostavien sovelluksien tunnistamiseksi selvitettiin vallitseva markkinatilanne, ja mitä operaattorin on otettava huomioon palvelun tarjoamisessa. Näiden perusteella valittiin tarkasteltavaksi WWW-pohjainen videoneuvottelu. Lopuksi selvitettiin kyseisen palvelun kulurakenne ja kannattavuus.</p> <p>Operaattori voi joko korvata asiakkaan perinteisen puhepalvelun halvemmalla tai tarjota ominaisuuksiltaan aiempaa parempaa puhepalvelua. IP-pohjaisuus mahdollistaa asiakashintojen alentamisen alempien tuotantokustannusten johdosta sekä palveluita, joista asiakkaat ovat valmiita maksamaan enemmän kuin pelkästä puheesta.</p> <p>Laskettujen tunnuslukujen perusteella voidaan sanoa, että WWW-pohjainen videoneuvottelu on operaattorille kannattava palvelu. Kaikkia palvelun tuomia tuottavuusvaikutuksia ei kyetty arvioimaan, joten todellisuudessa palvelun kannattavuus on jopa parempi kuin tässä työssä on laskettu. Investoinnin riski on pieni, sillä kulut riippuvat suuresti asiakasmääristä.</p> | |
| Avainsanat: SIP, VoIP, ARPU | |

Author: Sanna Tiihonen

Name of the Thesis: The profitability of SIP based consumer service

Date: 7.11.2005

Number of pages: 83

Department: Department of Electrical and Communications Engineering

Professorship: S-38 Networking Technology

Supervisor: Prof. Heikki Hämmäinen

Instructor: M. Sc. (Eng.) Jari Hakalin

The goal of this study was to go through the possibilities to benefit from the development of technology from telecommunication operator's point of view. The profitability of consumer targeted SIP service was inspected.

In the beginning the technical possibilities for SIP applications were studied. The current market situation and different factors in producing the service were studied in order to find out the most interesting applications. Based on these results WWW based videoconferencing service was selected for cost structure and profitability analysis.

Operator has a possibility to replace customers' old voice service with cheaper one or to offer better service than the old one. Lower customer prices and more advanced services are possible because of IP based technology.

On the basis of calculations WWW based videoconferencing is profitable service for an operator. It was not possible to estimate all the profit factors, so in reality the profitability may be even better than in the calculations. Also the risk of the investment is low because the costs are highly dependent on the size of the customer base.

Keywords: SIP, VoIP, ARPU

Alkulause

Haluan kiittää työn valvojaa professori Heikki Hämmäistä rakentavasta palautteesta työn aikana. Työn ohjaajaa DI Jari Hakalinia haluan kiittää yksityiskohtaisesta opastuksesta ja arvokkaasta palautteesta työn eri vaiheissa.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni tuesta koko opintotaipaleeni aikana.

Espoossa 7.11.2005



Sanna Tiihonen

Sisällysluettelo

| | |
|---|------------|
| LUETTELO KUVISTA JA TAULUKOISTA..... | VI |
| LYHENNELUETTELO | VII |
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 1.1 TYÖN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMA..... | 1 |
| 1.2 RAJAUS | 2 |
| 1.3 TUTKIMUSMENETELMÄ | 2 |
| 1.4 RAKENNE | 2 |
| 2 SIP VIESTINTÄPROTOKOLLANA | 3 |
| 2.1 INTERNET | 3 |
| 2.1.1 Sähköposti..... | 3 |
| 2.1.2 World Wide Web..... | 4 |
| 2.1.3 Tiedonsiirtoverkkojen kehitys | 5 |
| 2.2 INTERNET PROTOKOLLA..... | 5 |
| 2.2.1 VoIP..... | 6 |
| 2.2.2 VoIP:n edellytykset..... | 7 |
| 2.3 SIP-PROTOKOLLA..... | 10 |
| 2.3.1 SIP-palvelun määrittely..... | 10 |
| 2.3.2 SIP:n historia..... | 11 |
| 2.3.3 SIP:n vahvuudet..... | 12 |
| 2.3.4 SIP:n haasteet..... | 14 |
| 2.3.5 SIP-viestit..... | 15 |
| 2.4 VERKON RAKENNE | 17 |
| 2.4.1 Päätelaitteet..... | 17 |
| 2.4.2 SIP-palvelimet | 18 |
| 2.4.3 Sovelluspalvelimet | 20 |
| 2.4.4 Yhdyskäytävät | 22 |
| 2.4.5 Kuljetusprotokollat | 23 |
| 2.4.6 Verkko..... | 25 |
| 2.4.7 Arkkitehtuuri..... | 25 |
| 3 IP-POHJaisia PUHEVIESTINTÄPALVELUITA..... | 27 |
| 3.1 KÄYTTÖTILANNE | 27 |
| 3.2 PALVELUN TARJOAJAT | 27 |
| 3.2.1 Vaatimukset | 28 |
| 3.2.2 Palveluntarjoajatyypit | 28 |
| 3.3 OPERAATTORIN HALLINNOIMA PALVELU | 29 |
| 3.4 VERTAISVIESTINTÄPALVELU..... | 30 |
| 3.5 IP-POHJAISEN PUHEEN EDUT | 33 |
| 3.6 REGULAATIO..... | 35 |
| 4 MAHDOLLISIA SIP-SOVELLUKSIA | 36 |
| 4.1 PUHELU OSANA OHJELMAA | 36 |
| 4.1.1 Verkkopeli..... | 36 |
| 4.1.2 Sähköposti..... | 37 |
| 4.1.3 WWW-pohjainen puhelun aloitus | 38 |
| 4.1.4 Toteutus | 39 |
| 4.2 WWW-POHJAINEN VIDEONEUVOTTELU | 40 |
| 4.3 RATKAISU PUHELINPALVELUYRITYKSELLE | 41 |
| 5 MIKÄ TEKEE SOVELLUKSESTA HOUKUTTELEVAN | 43 |
| 5.1 PALVELUN VAATIMUKSET | 43 |
| 5.1.1 Peittoalue..... | 44 |
| 5.1.2 Kapasiteetti..... | 44 |
| 5.1.3 Laatu..... | 44 |
| 5.1.4 Ominaisuudet..... | 46 |

| | | |
|---|--|----|
| 5.2 | KÄYTTÄJÄÄ KIINNOSTAVA SOVELLUS..... | 46 |
| 5.2.1 | Käyttäjän toimintaympäristö | 46 |
| 5.2.2 | SIP:n tuoma lisäarvo toimintaympäristön hallitsemiseksi..... | 47 |
| 5.2.3 | Käytettävyys..... | 48 |
| 5.2.4 | Saatavuus..... | 49 |
| 5.2.5 | Hinta palvelun käyttäjälle..... | 51 |
| 5.2.6 | Erityisiä SIP-palvelun kohderyhmiä..... | 52 |
| 5.3 | OPERAATTORILLE KANNATTAVA SOVELLUS | 53 |
| 5.3.1 | Operaattoreiden tilanne..... | 53 |
| 5.3.2 | Palvelun hallinnointi | 57 |
| 5.3.3 | Käytettävyys..... | 58 |
| 5.3.4 | Kustannukset..... | 59 |
| 5.3.5 | Hinnoittelu ja laskutus..... | 59 |
| 5.4 | SOVELLUKSEN VALINTA..... | 61 |
| 6 | LIIKETOIMINTA-ANALYYSI..... | 64 |
| 6.1 | TILAAJAMÄÄRÄT..... | 64 |
| 6.2 | PALVELUN KÄYTTÖMÄÄRÄN LISÄÄMINEN | 65 |
| 6.3 | HINTA | 65 |
| 6.4 | KÄYTTÖOMAISUUSINVESTOINNIT | 67 |
| 6.5 | LIIKETOIMINTAKULUT..... | 68 |
| 6.6 | KANNATTAVUUDEN TARKASTELU..... | 68 |
| 6.6.1 | Kannattavuuden tarkastelun haasteet ja rajoitukset..... | 68 |
| 6.6.2 | Investoinnin tuotto | 70 |
| 6.6.3 | Nykyarvo..... | 70 |
| 6.6.4 | Sisäinen korkokanta..... | 71 |
| 6.6.5 | Takaisinmaksuaika | 71 |
| 6.6.6 | Investoinnin tuotto-prosentti | 71 |
| 6.7 | WWW-POHJAISEN VIDEONEUVOTTELUN LIIKETOIMINTALASKELMA | 72 |
| 6.7.1 | Asiakasmäärät | 72 |
| 6.7.2 | Käyttömäärät | 72 |
| 6.7.3 | Hinta..... | 73 |
| 6.7.4 | Käyttöomaisuusinvestoinnit..... | 73 |
| 6.7.5 | Liiketoimintakulut | 74 |
| 6.7.6 | Kannattavuus | 75 |
| 7 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 77 |
| 7.1 | TULOKSET | 77 |
| 7.2 | ARVIOINTI..... | 78 |
| 7.3 | HYÖTYKÄYTTÖ | 79 |
| 7.4 | JATKOTUTKIMUKSET | 79 |
| 8 | LÄHTEET | 81 |
| LIITTEET..... | | 84 |
| LIITE 1: SIP-VIESTIVASTAUKSET | | 84 |
| LIITE 2: WWW-POHJAISEN VIDEONEUVOTTELUN YHDYSKÄYTÄVÄTARVE | | 86 |
| LIITE 3: WWW-POHJAISEN VIDEONEUVOTTELUN NETTONYKYARVO | | 87 |

Luettelo kuvista ja taulukoista

| | |
|--|----|
| Kuva 2-1 Kaistan käyttö puheluihin perinteisessä ja IP-verkossa | 6 |
| Kuva 2-2 Migraatio integroituihin IP-sovelluksiin..... | 11 |
| Kuva 2-3 Yhdistetyt tietoliikenneverkot ja niiden päätelaitteita | 13 |
| Kuva 2-5 SIP-välipalvelimen toimintaperiaate..... | 19 |
| Kuva 2-6 SIP-uudelleenohjauspalvelimen toimintaperiaate..... | 19 |
| Kuva 2-7 Sovelluspalvelimet verkossa | 21 |
| Kuva 2-8 PSTN-yhdyskätävän viestit puhelun muodostuksessa | 23 |
| Kuva 2-9 SIP-pino | 24 |
| Kuva 2-10 SIP-verkon arkkitehtuuri | 26 |
| Kuva 3-1 P2P-verkon tiedonhaku | 31 |
| Kuva 3-2 VoIP:n etuja..... | 34 |
| Kuva 4-1 Internet-liikenteen kehitys | 37 |
| Kuva 4-2 Click2Dial-sovelluksen toteutus..... | 39 |
| Kuva 4-3 Puhelinpalvelukeskuksen viestejä..... | 42 |
| Kuva 5-1 Operaattoripalveluiden tarvehierarkia | 43 |
| Kuva 5-2 Tuotteen käyttökriteerit | 49 |
| Kuva 5-3 Markkinoiden uudelleen muotoutuminen | 54 |
| Kuva 5-4 SIP-palvelusaarekkeitä yhdistää PSTN | 56 |
| Kuva 5-5 Operoinnin tukitoiminnot | 57 |
| Kuva 5-6 Interaktiivinen WWW-kommunikaatio | 63 |
| Kuva 6-1 Puheviestinnän hintaindeksit | 66 |
| Kuva 6-2 WWW-pohjaisen videoneuvottelun kassavirta..... | 75 |
| | |
| Taulukko 2-1 SIP-metodit | 15 |
| Taulukko 5-1 Laajakaistaliittymien määrä | 50 |
| Taulukko 5-2 ADSL- tai kaapelimoodeemin saatavuus | 51 |
| Taulukko 6-1 IP-puhepalveluiden hinnat 20.2.2005..... | 66 |
| Taulukko 6-2 SIP-palvelun hinnasto | 67 |
| Taulukko 6-3 WWW-pohjaisen videoneuvottelun asiakasmäärät..... | 72 |
| Taulukko 6-4 WWW-pohjaisen videoneuvottelun käyttömäärät | 72 |
| Taulukko 6-5 WWW-pohjaisen videoneuvottelun hinnat | 73 |
| Taulukko 6-6 WWW-pohjaiseen videoneuvottelupalvelun käyttöomaisuusinvestoinnit | 74 |
| Taulukko 6-7 WWW-pohjaiseen videoneuvottelupalvelun liiketoimintakulut | 75 |

Lyhenneluettelo

| | |
|----------------|---|
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project |
| AAA | Authentication, Authorization and Accounting |
| ACD | Automatic Call Distribution |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line |
| API | Application Program Interface |
| ARPA | Advanced Research Projects Agency |
| ARPANET | Advanced Research Projects Agency NETwork |
| ARPU | Average Revenue Per User |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| B2BUA | Back-to-Back-User Agent |
| CAPEX | CAPital EXpenditure |
| CDR | Call Detail Record |
| CLEC | Competitive Local Exchange Carrier |
| CODECS | COmpression and DECompression components |
| COS | Class of Service |
| CPU | Central Processing Unit |
| DSL | Digital Subscriber Line |
| DSP | Digital Signal Processor |
| FTP | File Transfer Protocol |
| GoS | Grade of Service |
| GW | GateWay |
| HTML | HyperText Markup Language |
| HTTP | HyperText Transfer Protocol |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| ILBC | Internet Low Bit Rate Codec |
| ILEC | Incumbent Local Exchange Carrier |
| IM | Instant Message |
| IP | Internet Protocol |
| ISDN | Integrated Services Digital Network |
| ISP | Internet Service Provider |
| LAN | Local Area Network |
| MMUSIC | Multiparty Multimedia Session Control |
| NAT | Network Address Translation |

| | |
|----------------|--|
| NOC | Network Operations Center |
| NPV | Net Present Value |
| OPEX | OPerational EXpenditure |
| OSS | Operations SubSystem |
| P2P | Peer-to-Peer |
| PCM | Pulse Code Modulation |
| PSTN | Public Switched Telephone Network |
| PVC | Permanent Virtual Circuit |
| QoS | Quality of Service |
| ROI | Return On Investment |
| RSVP | Resource Reservation Protocol |
| RTP | Real-Time Transport Protocol |
| SCAI | Switch-Computer Applications Interface |
| SC | Silence Compression |
| SCIP | Simple Conference Invitation Protocol |
| SDP | Session Description Protocol |
| SIMPLE | SIP for Instant Messaging and Presence LEveraging |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SIPPING | Session Initiation Protocol Project INvestiGation |
| SMTP | Simple Mail Transfer Protocol |
| SOAP | Simple Object Access Protocol |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| UA | User Agent |
| UAC | User Agent Client |
| UAS | User Agent Server |
| UDP | User Datagram Protocol |
| URI | Uniform Resource Indicators |
| URL | Uniform Resource Locator |
| VAD | Voice Activity Detector |
| W-CDMA | Wideband Code Division Multiple Access |
| WsLAN | Wireless Local Area Network |
| VoIP | Voice over Internet Protocol |
| WWW | World Wide Web |

1 Johdanto

Perinteisen lankapuhelinverkon asiakas- ja liikennemäärät ovat viime vuosina vähentyneet selvästi Suomessa. Tekniikan kehityksen ja hintojen laskun myötä puheliikenne on vähitellen siirtymässä muihin tietoliikenneverkkoihin, minkä seurauksena tämä aikaisempina vuosina varsin tuottoisa liiketoiminta siirtyy pois lankaverkon operaattoreilta. Puheliikenne siirtyy suurelta osin matkapuhelinverkkoon ja osittain myös IP-verkkoon (Internet Protocol).

Kehityksen on mahdollistanut tekniikan edistyminen, joka on tuonut matkapuhelin- ja laajakaistaverkot yhä useamman käyttäjän ulottuville huokeaan hintaan. Kehittyneiden elektronisten ratkaisujen ja pakettipohjaisten protokollien avulla voidaan verkkoja ja päätelaitteita käyttää yhä tehokkaammin, mikä mahdollistaa uusia palveluita. Myös vanhoja palveluita voidaan integroida yhteen, jolloin saadaan kustannussäästöjen lisäksi muita hyötyjä, kuten parempaa käytettävyyttä.

Kehittyvät tekniikat korvaavat vanhoja ja luovat samalla täysin uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Asiakastarpeiden ja teknologioiden kehitys ovat keskinäisessä vuorovaikutussuhteessa. Tämän vuoksi niitä on tarkasteltava yhdessä. Tekninen kehitys tarkoittaa alan uudelleen muotoutumista ja palveluntarjoajien roolien muuttumista, sillä samat operaattorit eivät välttämättä ole yhtä vahvoilla uuden kuin aikaisemman tekniikan aikana. Uusien tekniikoiden myötä teleoperaattorin perinteinen rooli sekä palvelun että verkon tarjoajana on muuttumassa, sillä palvelut eivät enää ole yhtä verkkoriippuvaisia kuin aikaisemmin. Tämän seurauksena on mahdollista esimerkiksi tarjota puhelinpalvelua ulkomailta, joten kilpailu alalla kansainvälistyy väistämättä.

1.1 Työn tavoite ja tutkimusongelma

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää teleoperaattorin mahdollisuutta hyötyä alan kehityksestä tarjoamalla uuden tekniikan mahdollistamia palveluita. SIP (Session Initiation Protocol) eli yhteysjakson aloitusprotokolla on muutamassa vuodessa noussut suosituimmaksi protokollaksi IP-puheluiden välityksessä, joten tässä työssä keskitytään SIP:n avulla toteutettuihin IP-puhesovelluksiin.

Tavoitteena on antaa vastaus kysymykseen: ”Onko operaattorille kannattavaa tarjota kuluttajille kohdistettua SIP-palvelua?”. Aluksi tarkastellaan mitä SIP-sovelluksia tekniikka nykyään mahdollistaa. Kiinnostavien sovelluksien tunnistamiseksi on selvitettävä vallitseva markkinatilanne, ja mitä operaattorin on otettava huomioon SIP-sovelluksen tarjoamisessa, kuten

palvelun tarjoamisen vaatimukset ja mahdollisuudet. Tämän selvityksen perusteella valitaan tarkasteltava sovellus. Valitun sovelluksen osalta selvitetään sen kulurakenne ja kannattavuus. Näiden perusteella selvitetään, onko operaattorille kannattavaa tarjota kyseistä sovellusta.

1.2 Rajaus

Työ on rajattu koskemaan kiinteässä laajakaistaverkossa tarjottavia SIP-sovelluksia ja niihin liittyviä tekijöitä. Pääpaino on kuluttajille suunnatuissa palveluissa. VoIP (Voice over Internet Protocol) -puhelut ovat merkittävässä osassa. Muita SIP:n ominaisuuksia käydään vain lyhyesti läpi.

Työn pääpaino on SIP-sovellusten esittelyssä, vallitsevan markkinatilanteen kartoituksessa sekä valitun sovelluksen liiketoimintalaskelmassa. SIP-sovellusten teknisen toteutuksen syvälinen tarkastelu on rajattu työn ulkopuolelle. Tekniikasta on esitetty vain sellaiset tiedot, jotka on katsottu sovelluksen esittelyn kannalta tarpeellisiksi.

VoIP-palvelun tuottavuusvaikutukset näkyvät täysimääräisinä usein vasta vuosien päästä. Näitä vaikutuksia ei ole otettu huomioon tässä tarkastelussa, kuten ei myöskään mahdollisia säästöjä siirtymisestä yhteen verkkoon ja verkonhallintaan.

1.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksessa on käytetty materiaalina kirjoja, konferenssimateriaaleja, lehtiartikkeleita, WWW-sivuja ja markkinatutkimuksia.

1.4 Rakenne

Tämä diplomityö koostuu kahdesta osasta. Alkuosassa tarkastellaan SIP-palveluita, niiden sovelluksia ja markkinatilannetta yleisesti. Loppuosassa tehdään tapaustutkimus valitun palvelun kannattavuudesta operaattorin kannalta.

2 SIP viestintäprotokollana

Tässä kappaleessa tarkastellaan SIP-palveluiden taustalla olevaa tekniikkaa. Tarkastelu aloitetaan Internetin kehityksestä, jonka lisäksi käydään läpi taustalla oleva Internet Protokolla ja äänen välitystä Internetissä. Lisäksi tarkastellaan SIP:iä protokollana ja kuvataan tyypillisen SIP-palvelun tuottamiseen tarvittavan verkon rakenne.

2.1 Internet

Viimeisen vuosikymmenen aikana Internetistä on tullut osa kehittyneiden maiden jokapäiväistä kommunikointia. Internetin historian voidaan katsoa alkaneen kuitenkin jo 1960-luvulta. Tällöin keksittiin Yhdysvalloissa ja Isossa-Britanniassa pakettikytkennän periaate, joka erosi huomattavasti perinteisesti tietoliikenneverkoissa käytetystä piirikytkennästä. Samaan aikaan Yhdysvaltain puolustusministeriön alainen laitos ARPA (Advanced Research Projects Agency) suunnitteli rakentavansa verkon, joka yhdistäisi sen rahoittamat tutkimuskeskukset ympäri Yhdysvaltoja. ARPANET (Advanced Research Projects Agency NETwork) olikin ensimmäinen laaja pakettikytkentäinen verkko. Yhdysvaltain puolustusministeriöllä oli myös muunlaisia verkkoja kehitteillä 1970-luvulla, ja pian syntyi tarve yhdistää eri verkot. Verkkojen erilaisuudesta johtuen verkkojen rakenne päätettiin pitää tässä yhdistetyssä verkossa, Internetissä, mahdollisimman yksinkertaisena ja antaa päätelaitteiden hoitaa luotettava yhteydenpito protokollien avulla. Yhdysvaltain puolustusministeriön tuen ja kaikenlaisiin verkkoihin kohdistuvan avoimuuden ansiosta Internet löi laudalta kilpailevat verkot ja muodostui kansainväliseksi verkkojen verkoksi.

2.1.1 Sähköposti

Jo ennen ARPANET:iä oli joidenkin tietokoneiden käyttöjärjestelmissä ollut mahdollisuus jättää viestejä muille saman koneen käyttäjille. Yleisesti kannatettiin ajatusta, että tiedostojen siirtoprotokollaan FTP:hen (File Transfer Protocol) tehtäisiin lisäyksiä, joiden ansiosta se tukisi myös sähköpostia. Vuonna 1973 tämä tuki lisättiin FTP-protokollaan, ja näin tuli mahdolliseksi lähettää viestejä muihinkin koneisiin. Sähköpostin välitystä jatkettiin FTP-protokollan avulla, kunnes 1981 kehitettiin oma SMTP (Simple Mail Transfer Protocol¹) -protokolla sähköpostille. Sähköpostista tuli pian ARPANET:in suosituin sovellus. Tämän jälkeen aloittivat myös erilaiset sähköpostilistat, joilla keskusteltiin paljon muustakin kuin tietoverkoista. Sähköpostin etu

¹ RFC 788, *Simple Mail Transfer Protocol*, IETF 1981

perinteiseen posttiin verrattuna oli sen reaaliaikaisuus eli viestit siirtyivät vastaanottajalle lähes välittömästi. Lisäksi etu puhelimeen nähden oli se, ettei vastaanottajan tarvinnut olla paikalla vastaanottamassa viestiä juuri lähetyshetkellä. Toisaalta oli myös mahdollista tallentaa viestit myöhempää tarkastelua varten. Sähköpostin myötä selvisi, ettei tietoverkkojen suosituin sovellus ehkä sittenkään olisi resurssien jakaminen, vaan ihmisten välinen kommunikointi.²

2.1.2 *World Wide Web*

1990-luvun alussa kehittyi myös sovellus World Wide Web (WWW), josta tuli Internetin julkisivu. WWW paransi huomattavasti käyttäjien tiedonhakumahdollisuuksia ja verkon käytettävyyttä. CERN:in tutkijat Tim Berners-Lee ja Robert Cailliau olivat tämän sovelluksen pääarkkitehdit. Berners-Lee suunnitteli hypertekstijärjestelmää, jossa eri puolilla maailmaa sijaitsevat dokumentit olisi linkitetty toisiinsa maailmanlaajuiseksi informaatioverkoksi. Tekstin lisäksi järjestelmän oli määrä sisältää kuvia, myöhemmin myös videota ja audiota. Berners-Lee kollegoineen loi formaatin hypertekstidokumenteille, jota he kutsuivat nimellä HyperText Markup Language (HTML). Lisäksi he loivat TCP:n (Transmission Control Protocol) päällä toimivan protokollan, joka ohjasi WWW-selainten ja -palvelinten välistä tiedon vaihtoa. Tämä protokolla tunnetaan nimellä HyperText Transfer Protocol (HTTP)³. Lisäksi he loivat Uniform Resource Locator (URL) -osoitemuodon, jolla WWW-selaimelle ja -palvelimelle osoitetaan käytettävä protokolla, palvelin jolta tiedosto haetaan ja haettavan tiedoston nimi. Vuonna 1991 WWW-sovellusta alettiin jakaa Internetissä.⁴ Pian myös kaupalliset yritykset ryhtyivät kehittämään ohjelmiaan WWW:n käyttöön. Suosituimmiksi selaimiksi nousivat Netscape Communications Corporationin Netscape-selain ja Microsoftin lähdettyä mukaan sen kehittämä Internet Explorer -selain. Selaimet alkoivat myös tukea kuvia, videoita ja audiota.

WWW saavutti valtavan suosion. Monille ihmisille WWW tarkoittaakin samaa kuin Internet. Hakukoneiden kehitys on myös lisännyt WWW:n suosiota, koska tieto on entistä helpommin löydettävissä. WWW onkin noussut erittäin suosituksi välineeksi tiedon etsintään, ajanvietteeksi ja omien mielipiteiden ilmaisemiseen.⁵ Sähköpostia käytetään nykyään päivittäiseen kommunikointiin siinä missä puhelintakin. WWW:n ja sähköpostin rinnalle on tullut myös muita sovelluksia, jotka korvaavat perinteisten verkkojen toimintaa. Yhä suurempi osa puheliikentees-

² Abbate, J., *Inventing the Internet*, The MIT Press, 1999

³ RFC1945, *Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0*, IETF 1996

⁴ Abbate, J., *Inventing the Internet*, The MIT Press, 1999

tä kulkee IP-verkossa jo tänä päivänä, ja useilla TV- ja radiokanavilla on lähetys myös Internetissä. Kommunikaation ja tiedon siirtyminen yhteen verkkoon, kuten Internetiin, mahdollistaa kustannussäästöjen lisäksi uusia sovelluksia ja erilaisten sovelluksien yhdistelmiä.

2.1.3 Tiedonsiirtoverkkojen kehitys

Internetin ja matkaviestinnän suosion myötä lankaliittymien määrä on vähentynyt viime vuosina huomattavasti, esimerkiksi valtakunnallisella teleoperaattori Soneralla oli 525 000 kiinteän verkon asiakasta vuonna 2004 kun vuonna 2002 luku oli noin 570 000⁶. Puhe on siirtynyt suurelta osin lankaverkosta matkapuhelinverkkoon. Käyttäjät ovat liikkuvuudesta saadun hyödyn myötä olleet valmiita maksamaan huomattavastikin korkeampia puhelumaksuja matkapuheluista kuin kiinteän verkon puheluista. Myös matkapuhelimien lankaliittymiä heikompi äänenlaatu on hyväksytty liikkuvuuden vuoksi.

Lankaliittymien vähetessä on Internet-liittymien määrä kasvanut muutaman kymmenen prosentin vuosivauhdilla. Arvioidaan, että huomattava osa laajakaistan tilaajista irtisanoo lankaliittymänsä, kun he eivät enää tarvitse sitä dial-up -yhteyden muodostamiseen, ja hoitaa puhelunsa lähinnä matkapuhelinliittymästä. Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmän mukaan Suomen olisi otettava tavoitteeksi miljoona laajakaistaliittymää vuoden 2005 loppuun mennessä⁷. Tällöin kaikilla halukkailla tulisi olla mahdollisuus saada nopea, vaivaton ja kohtuuhintainen tiedonsiirtoyhteys. Kiinteää laajakaistayhteyttä ei työryhmän mukaan ole mahdollista järjestää kohtuullisin kustannuksin syrjäisimmille alueille, joilla sijaitsee noin 2 – 5 prosenttia puhelinkotitalouksista. Niille nopeammat tietoyhteydet voidaan mahdollisesti toteuttaa vaihtoehtoisilla tekniikoilla, kuten satelliittipalveluina tai digitaalisen television avulla. Internet-liittymien yleistyessä myös puheen kuljettaminen IP-verkossa yleistyy. Seuraavaksi tarkastellaan tähän tarvittavaa tekniikkaa.

2.2 Internet Protokolla

Internetissä tapahtuva tiedonsiirto käyttää hyväkseen Internet Protokollaa. IP:n avulla erilaisten sovellusten käyttämä tieto siirtyy päätelaitteiden välillä siten, että laitteet ja sovellukset

⁵ Moilanen, Raine J.W., *Internetin historia*, 2004

⁶ TeliaSoneran tilinpäätöstiedote 2004

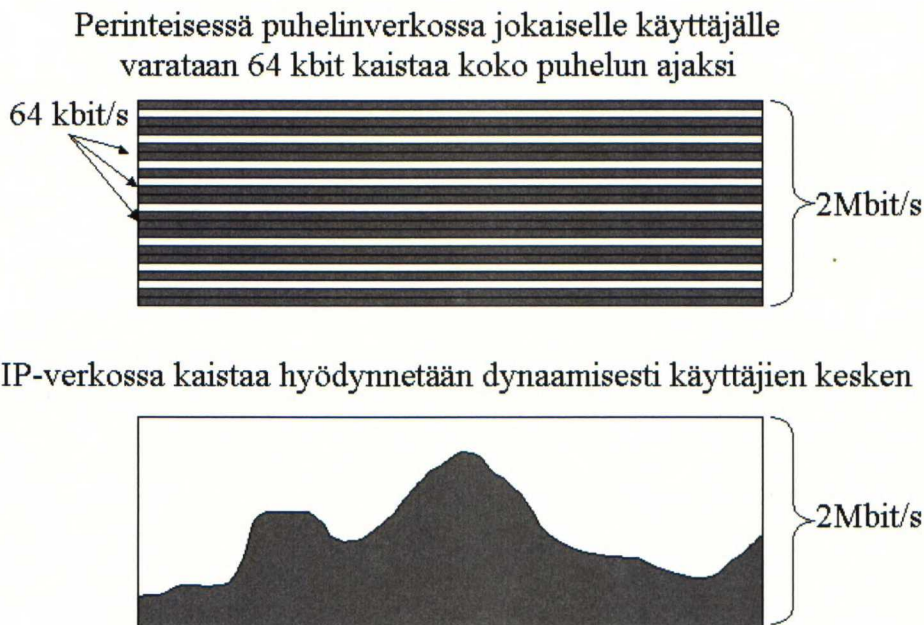
⁷ *Internet-puhelut (VoIP)*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

ymmärtävät toisiaan. Protokolla määrittelee paketille osoitteen ja lähettää paketin, muttei muodosta pysyvää yhteyttä lähettäjän ja vastaanottajan välille.

2.2.1 VoIP

Puheen siirtämistä IP-verkossa kutsutaan VoIP:ksi. VoIP on kasvattanut suosiotaan erityisesti siksi, ettei siinä tarvita kahta erillistä verkkoa tietoliikennettä varten, vaan sekä data- että puheliikenne voidaan kuljettaa fyysisesti samassa verkossa. Tämä vähentää verkon investointi- ja ylläpitokuluja merkittävästi.

IP-verkossa kaista hyödynnetään dynaamisesti käyttäjien kesken, kuten kuvassa 2-1 on esitetty. Perinteisessä puhelinverkossa verkkoresurssien varaus on staattista, jolloin puhelua varten varataan 64 kbit/s (kilobittiä sekunnissa) kaistaa per suunta. Dynaaminen varaustapa on resurssien käytön kannalta huomattavasti edullisempaa, sillä yleensä puheluissa on paljon hetkiä jolloin datapaketteja ei tarvitse lähettää.



Kuva 2-1 Kaistan käyttö puheluihin perinteisessä ja IP-verkossa

VoIP tarjoaa monipuolisemmat kehitysmahdollisuudet kuin perinteinen lankapuhelin- eli PSTN-verkko (Public Switched Telephone Network). Sovelluksia on mahdollista tehdä melko yksinkertaisilla ohjelmilla. Äänen lisäksi voidaan tarjota muita ominaisuuksia kuten videokuvaa. Käytännössä useat verkkolaittevalmistajat ovat jo lopettaneet PSTN-verkkolaitteiden kehityksen ja panostukset on suunnattu mobiili- ja IP-verkkojen kehitykseen.

Puheen kuljetus yhteydettömänä pakettimuodossa asettaa verkoille ja sovelluksille tiettyjä haasteita. Sujuvan kommunikoinnin kannalta puheliikenteen on oltava lähes reaaliaikaista. tämän takaaminen on hankalaa mahdollisesti hyvinkin ruuhkaisissa verkoissa. Tekniikan kehittyessä näihin haasteisiin on kuitenkin löydetty yhä tehokkaampia ratkaisuja, joilla VoIP:n äänenlaatua saadaan parannettua. Nykyään äänenlaatu voi olla jopa parempi IP-pohjaisessa ratkaisussa kuin mihin on totuttu PSTN-pohjaisissa ratkaisuisissa.

VoIP-liikennettä voidaan välittää käyttämällä tähän tarkoitukseen sopivaa signaalointiprotokollaa. SIP on muutamassa vuodessa noussut suosituimmaksi signaalointiprotokollaksi IP-puheluiden välityksessä. Muita VoIP-protokollia ovat muun muassa H.323 ja MGCP.

2.2.2 VoIP:n edellytykset

IP-pohjaisiin ja integroituihin järjestelmiin siirtyminen vaatii alla mainitut tekniset edellytykset.

Puheen koodaus

Vasta viime vuosina VoIP-puheen koodausmenetelmät ovat kehittyneet tasolle, jolla voidaan kilpailla lankaverkon äänenlaadun kanssa. Koodekki (CODECS, COmpression and DECompression componentS) määrittelee, kuinka analoginen signaali muutetaan dataksi. Lähetettävän datan määrä yritetään minimoida siten, että vastaanotettu informaatio, kuten ääni, vaikuttaisi minimoinnista huolimatta mahdollisimman hyvältä. Pakkauksessa käytetään hyväksi korvan ja silmän rajoituksia, jolloin käyttäjät eivät huomaa vaikka ääntä tai kuvaa ei tuoteta täydellisenä.

Kaiun poisto on puheluissa erittäin oleellista, mutta sen lisäksi päätelaitteessa voidaan parantaa palvelunlaatua (QoS, Quality of Service) muillakin tavoin. Kahdenkeskisissä puheluissa yksi osallistuja puhuu noin 35 % ajasta ja neuvotteluissa yhden osallistujan osuus on vielä vähemmän. Hiljaisuuden pakkaus (SC, Silence Compression) -ominaisuus päätelaitteissa vähentää kaistanleveysvaatimusta lähettämällä vain tarpeellisen tiedon. Puheen tunnistin

(VAD, Voice Activity Detector) huolehtii siitä, että lähetetään vain tarpeellinen data asynkronisesti. Näin ollen ei lähetetä näytteitä, jotka eivät yllä teholtaan tietyn lähetyskynnyksen yli, eli toisin sanoen oletetaan että puhuja on hiljaa.

Verkon puskureissa tapahtuvassa ruuhkatilanteessa IP-paketteja tiputetaan ylivuodon seurauksena, jolloin syntyy niin sanottua pakettihukkaa. Jos paketti viivästyy liikaa aikakriittisillä sovelluksilla kuten puheella, niin se hylätään koska se ei ole enää kelvollinen käytettäväksi. Paketteja saattaa hävitä siirron aikana myös lähetysvirheen seurauksena. Käytännössä paketteja katoaa verkon ruuhkautuessa useampi perättäinen paketti, mistä on huomattavasti vaikeampaa toipua kuin yksittäisten pakettien katoamisesta. Pakettihukka ei kuitenkaan suoraan korreloi laadun suhteen, sillä jotkut koodekit toipuvat pakettihukasta paremmin kuin toiset. Pakettihukasta paremmin toipuvat koodekit lähettävät ylimääräistä informaatiota, minkä avulla voidaan vastaanotetuista paketeista laskea kadonneissa paketeissa ollut informaatio kohtuullisella tarkkuudella. Tällöin kuuntelija ei havaitse merkittävää virhettä. Esimerkiksi iLBC (Internet Low Bit Rate Codec) on lisenssivapaa koodaustapa, joka on toteutettu useissa uusissa VoIP-puhelimissa ja -ohjelmistoissa. iLBC:n suosio on nopeassa kasvussa. Koodaustapa sietää erittäin hyvin kadonneita ja viivästyneitä IP-sanomia jopa 15 %:in katoamiseen asti. Sen vaatima kapasiteetti IP-kehystyksineen on vain noin 30 kbit/s⁸.

Prosessointiteho

Koodekit tarvitsevat tietyn määrän prosessointitehoa, joten päätelaitteiden suorituskyvyn kehityksellä on merkittävä osuus IP-puheen yleistymisessä. Saatavilla on suorituskyvyltään huippuluokkaa olevia huokeita signaaliprosessoreita (DSP, Digital Signal Processor), jotka mahdollistavat äänen koodauksen. Tehokkaiden signaaliprosessoreiden tai tehokkaan yleisprossessorin (CPU, Central Processing Unit) myötä tavallinen audioliitännöin varustettu työasemakone käy sellaisenaan koodekkikäyttöön, joten IP-puhetta varten ei tarvita erillistä laitetta vaan käyttö onnistuu vaikka koti-PC:llä. Signaaliprosessoreiden kehityksellä on vaikutusta myös muiden verkkokomponenttien, kuten yhdyskäytävien, laatuun ja hintaan.

Tietotekniikka kehittyy edelleen Mooren lain mukaisesti ja leviää yhä uusille sovellusalueille. Alkuperäisessä muodossaan Mooren laki tarkoittaa sitä, että mikropiirien porttimäärä kaksinkertaistuu puolentoista vuoden välein niiden hinnan pysyessä ennallaan. Mittasuhteiden pienentyessä suurin mahdollinen kellotaajuus kasvaa samalla. Sama periaate toimii myös

muisteissa, tiedonsiirtojärjestelmissä, langattomissa lähiverkoissa ja muissa tietoteknisissä komponenteissa. Kaikkien tärkeimpien tietoteknisten komponenttien suorituskyky siis likimain kaksinkertaistuu puolentoista vuoden välein hintojen pysyessä ennallaan. Tämä merkitsee kustannustehokkuuden kymmenkertaistumista viidessä vuodessa, satakertaistumista kymmenessä vuodessa ja niin edelleen.

Arkkitehtuuristaan johtuen internet-tekniikka pystyy helposti hyödyntämään Mooren lain mukaisesti kehittyviä komponentteja, mikä merkitsee siirtonopeuksien kymmenkertaistumista aina viidessä vuodessa sekä langallisella että langattomalla puolella. Internet-arkkitehtuurissa voidaan esimerkiksi 11 Mbit/s IEEE 802.11b -tyyppinen langaton lähiverkko helposti korvata 54 Mbit/s IEEE 802.11g:llä vaihtamalla vanhat liityntäkortit, tukiasemat ja kytkimet uusiin massatuotteisiin. Samalla verkon suorituskyky viisin- tai kymmenkertaistuu, mutta muuten kaikki sovellukset toimivat kuten ennenkin. Tämä on selvä hyöty verrattuna perinteisiin televerkkoihin, joissa sovellukset on sidottu käytettyihin verkkoteknologioihin.⁹

Verkko

Verkon merkitystä ja palvelunlaatua käydään tulevaisuudessa kappaleissa tarkemmin läpi. Tässä vaiheessa huomioidaan vain, että palvelunlaadun takaamiseksi on päätelaitteiden lisäksi myös verkkoon kehitetty erilaisia mekanismeja liikenteenhallintaan. Useat reititinvalmistajat tukevat erilaisia priorisointimenetelmiä, joiden avulla reititin voi minimoida puhelujen viivettä huomattavasti. Verkon resurssien turvaamiseksi on kehitetty myös RSVP-prioriteettimekanismi (Resource Reservation Protocol), jonka avulla sovellus voi varata verkon kaistanleveyttä puhelukohtaisesti ilman että reitittimen tarvitsee tunnistaa kyseessä olevan äänipuhelu. ATM-verkkoon (Asynchronous Transfer Mode) on mahdollista tehdä myös VoIP:lle virtuaalisia PVC-yhteyksiä (Permanent Virtual Circuit), jotka mahdollistavat puhepaketeille oman kaistansa.

Seuraavassa kappaleessa tarkastellaan lähemmin SIP:iä, jonka avulla on mahdollista muodostaa VoIP-yhteyksiä, kun perusedellytykset VoIP:lle on olemassa. Protokollan tarkastelun jälkeen perehdytään myös SIP-verkon rakenteeseen.

⁸ RFC 3951, *Internet Low Bit Rate Codec (iLBC)*, IETF 2004

⁹ *Internet-puhelut (VoIP)*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

2.3 SIP-protokolla

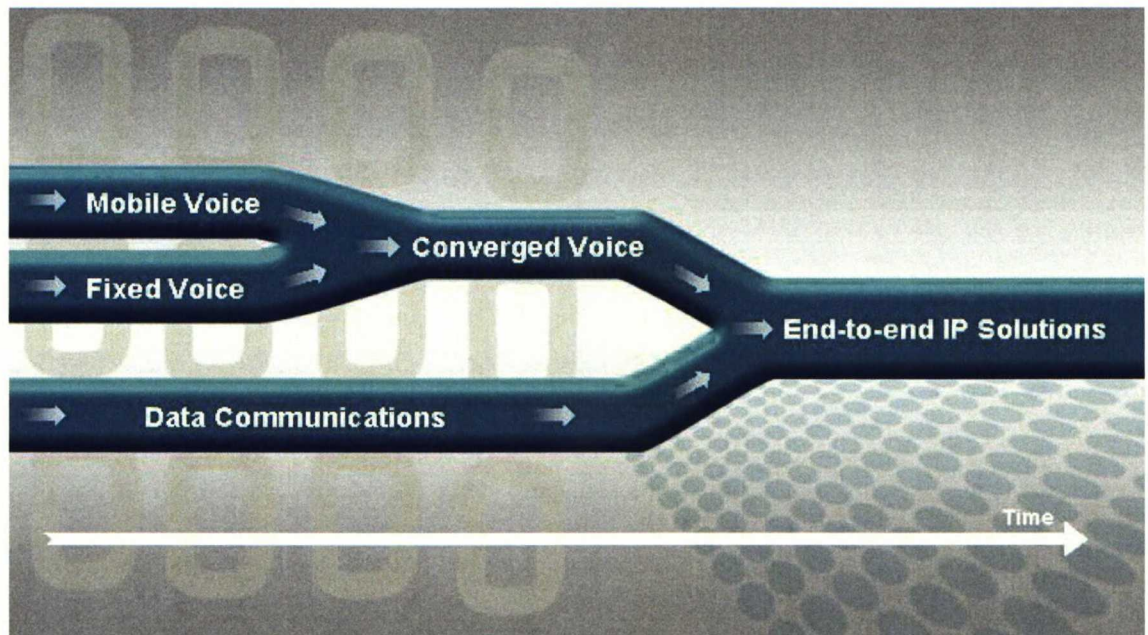
Yhteysjakson aloitusprotokolla eli SIP on protokolla, joka pohjautuu HTTP:hen. Sen ideana on toteuttaa kommunikaatiopalvelut käyttäjille sijainnista, käytettävästä verkosta ja päätelaitteesta riippumatta. SIP ei ota kantaa istunnossa välitettävään dataan, vaan sitä käytetään pelkästään istuntojen käsittelyyn. Istunto voi esimerkiksi olla kahden käyttäjän välinen VoIP-puhelu tai usean käyttäjän välinen multimediakonferenssi. SIP on varsin uusi protokolla, sen standardi RFC 3261 saatiin valmiiksi kesäkuussa 2002¹⁰. Lisäksi laajennuksia protokollaan on edelleen kehitteillä.

2.3.1 SIP-palvelun määrittely

SIP-palvelulla tarkoitetaan tässä työssä palvelua, joka on toteutettu SIP:n avulla. Tässä työssä keskitytään lähinnä SIP:n avulla toteutettuihin VoIP-puheluihin ja tällaisen puheluominaisuuden lisäämiseen muihin sovelluksiin. Muu sovellus, johon ääni lisätään, voi olla esimerkiksi verkkopeli, jolloin pelaajat voivat kommunikoida puhumalla keskenään verkon yli pelin aikana.

IP-sovellusten kehitystä havainnollistaa kuva 2-2, jossa operaattori TeliaSoneran Zoltan Herzegh esittää migraation etenemisen ajan myötä. Mobiili- ja kiinteän verkon puhe ovat jo yhdistyneet suurilta osin muodostaen konvergenssin puheen. Puheluihin ovat yhä enenevässä määrin yhdistymässä erilaiset datakommunikaatiopalvelut. Tämän kehityksen myötä voidaan puhua myös kokonaisvaltaisista IP (All-IP) -ratkaisuksista. Tällä hetkellä vaikuttaa kuitenkin siltä, että puhe siirtyy VoIP:ksi sekä mobiili- että lankaverkossa ennen puheen ja datan konvergenssia.

¹⁰ RFC 3261, *SIP: Session Initiation Protocol*, IETF 2002



Kuva 2-2 Migraatio integroituihin IP-sovelluksiin¹¹

2.3.2 SIP:n historia

1990-luvun puolivälissä Columbian yliopistossa Henning Schulzrinne johti Multiparty Multimedia Session Control (MMUSIC) standardin kehittelyä. Tällä standardilla voitaisiin kontrolloida audiovisuaalista dataa tietoverkoissa. MMUSIC:n pohjalta luotiin ensimmäiset versiot SIP:istä.

Vuonna 1996 Internet Engineering Task Force (IETF) julkaisi ensimmäisen version SIP:stä (SIPv1) statuksella ”Internet draft”. Tällöin SIP oli lyhennys sanoista Session Invitation Protocol. Protokollan kehittivät Mark Handley ja Eve Schooler. Samoihin aikoihin Henning Schulzrinnen Simple Conference Invitation -protokolla (SCIP) julkaistiin IETF-statuksella ”Internet draft”. Myös SCIP oli mekanismi käyttäjien kutsumiseksi kaksipisteyhteysistuntoihin (point-to-point).

SIPv1 ja SCIP olivat varsin samankaltaiset protokollat, eikä ollut järkevää jatkaa molempien kehitystä. Protokollat päätettiin yhdistää, minkä tuloksena syntyi Session Initiation Protocol (SIPv2). SIPv2:n Internet draftin kirjoittivat Hanley, Schulzrinne ja Schooler ja se julkaistiin joulukuussa 1996. Uusi SIP yhdisti vanhojen protokollien parhaat puolet: se perustui HTTP:n

kaltaiseen rakenteeseen, mutta pystyi käyttämään kuljetusprotokollanaan sekä TCP:tä että UDP:tä (User Datagram Format). SDP:tä (Session Description Protocol) käytettiin istuntojen kuvaamiseen. SIP hyväksyttiin RFC 2543 -standardiksi maaliskuussa 1999 IETF:ssä.

Valtavan mielenkiinnon ja useiden kehitysehdotuksien vuoksi IETF perusti SIP-työryhmän syyskuussa 1999. Maaliskuussa 2001 työryhmä jaettiin kahtia. Ensimmäinen työryhmä SIMPLE (SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging) keskittyy itse SIP:in määrittelyyn ja sen lisäosiin, kun taas jälkimmäinen, SIPPING-työryhmä (the Session Initiation Protocol Project INvestiGation), keskittyy SIP:iä käyttäviin sovelluksiin.¹²

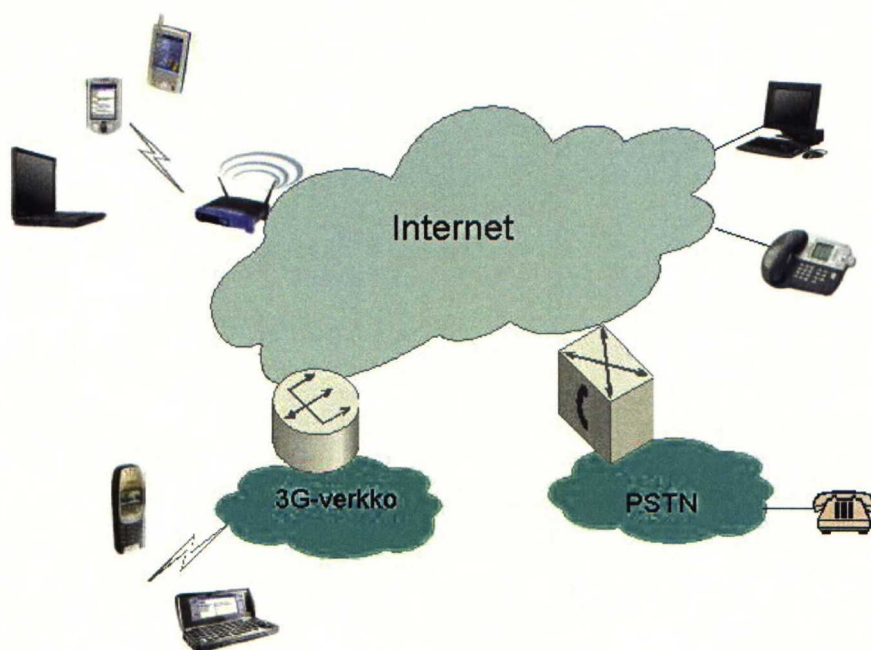
2.3.3 SIP:n vahvuudet

SIP:in suurimmat vahvuudet ovat, että se on suunniteltu toimimaan yhdessä muiden WWW-teknologioiden kanssa, ja että siihen voi luoda laajennuksia. HTTP:n kanssa yhtäläisyyksiä ovat asiakas-palvelin -arkkitehtuuri ja URI:n (Uniform Resource Indicator) käyttö. SMTP:stä ja HTTP:stä SIP on lainannut tekstipohjaisuuteen perustuvan ajatusmaailman ja otsikkotyylin.

Vuonna 2000 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ja 3GPP2 valitsivat SIP:n standardiksi kolmannen sukupolven (3G, Third Generation) langattomille W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) ja CDMA2000 verkoille. SIP mahdollistaa samat palvelut sekä 3G-että Internet-verkkoihin, joten verkot voidaan tulevaisuudessa yhdistää. Näin ollen jatkossa voidaan käyttää samaa infrastruktuuria ja samoja tietokantoja kaikille kommunikaatiopalveluille. Verkkojen välillä voidaan jo nykyään käyttää yhdyskäytäviä, jotka tekevät tarpeelliset datan sovitukset verkosta toiseen. Alla olevassa kuvassa 2-3 on esitetty erilaisia päätelaitteita, joiden välillä voidaan muodostaa SIP-puhelu.

¹¹ Herzegh, Zoltan, *IP Communications in Europe*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

¹² Sinnreich H., Johnston, A.B., *Internet Communications Using SIP: Delivering VoIP and Multimedia Services with Session Initiation Protocol*, John Wiley & Sons, Inc 2001



Kuva 2-3 Yhdistetyt tietoliikenneverkot ja niiden päätelaitteita

Käyttäjälle verkkoriippumaton palvelu näkyy siten, että jokaisella on yksi ainoa osoite, esimerkiksi sip:sanna@operaattori.fi tai sip:sanna@192.190.232.112. Tällä osoitteella voidaan henkilölle soittaa niin tavallisia kuin kuvapuheluitakin, lähettää sähköpostia ja SMS-viestejä, sekä pelata hänen kanssaan verkkopelejä. Henkilö voi lisäksi itse säädellä näkyvyyttään muille esimerkiksi asettamalla omaksi läsnäolotiedokseen (presence) ”Luento”, jolloin todennäköisesti henkilö haluaa että häntä lähestytään vaikka SMS-viestillä eikä sähköpostitse.

SIP mahdollistaa muutakin kuin puheen, sillä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi läsnäolo- ja pikaviestipalveluita (IM, Instant Message). Yhteyksien muodostaminen on joustavaa, koska on mahdollista käynnistää useampia yhteyksiä kerralla ja ohjata puhelu samanaikaisesti useaan päätelaitteeseen eli tehdä yhteyksien haarukointia (call forking). Yksi SIP:n vahvuuksista on signaalointi-infrastruktuurin skaalautuvuus¹³: perusinfrastruktuurilla voidaan helposti välittää

¹³ Sauvola, Seppänen, Hagelberg, Kaukonen, Korhonen, Tienari, *Älykkäämpää haku-tekniologiaa*, Prosessori -lehti Marraskuu 2004

sovelluskohtaista tietoa verkon elementeille ja käyttäjäsovelluksille verkon rakennetta muuttamatta.

SIP on yksinkertaisempi protokolla kuin binäärisessä muodossa oleva H.323. Ihmisen onkin kohtuullisen vaivatonta lukea ja laatia SIP:iä selväkielisen tekstin ansiosta. Lisäksi SIP on IETF:n avoin Internet-standardi, joten se tulee kehittymään jatkossakin. Erityisesti uusien palveluiden luonti on helppoa. On kuitenkin väitetty, että tekstimuoto binäärimuodon sijaan aiheuttaa turhaa raskautta protokollalle. Tekstipohjainen tiedonsiirto ei ole kaikkein tehokkain tiedonsiirtotapa, mutta SIP:iin kehitettyjen laajennuksien avulla viestejä voidaan pakata ja näin saada tiedonsiirto tehokkaammaksi.

SIP on ohittamassa suosiossa muut VoIP-protokollat¹⁴. Useimmat VoIP-laitteet tukevat myös SIP-protokollaa, joten vaihto protokollasta toiseen on melko vaivatonta. Lisäksi SIP-arkkitehtuuri on suunniteltu siten, että mikäli jotain SIP-viestiä ei tunnisteta, niin se välitetään eteenpäin muuttumattomana. Tämä mahdollistaa uusien toimintojen lisäämisen päätelaitteisiin ilman verkkoelementtien päivittämistä.¹⁵

SIP-kehitystyötä tukevat useat merkittävät laitevalmistajat ja operaattorit, muun muassa Ericsson, 3Com, Nokia, Nortel, Cisco, Telia, WorldCom, AT&T ja Microsoft¹⁶. Erityisesti Microsoftin panostus SIP:iin tullee edistämään protokollan leviämistä IP-maailmaan kotikäyttäjien suuntaan.

2.3.4 SIP:n haasteet

SIP:illä on kaksi yleistä ongelmaa verkkoympäristöissä: ensimmäinen ilmenee käytettäessä palomuuereja, ja toinen koskee IP-osoitteiden muuntamista julkisista privaateiksi (NAT, Network Address Translation).

Palomuurit voidaan helposti määrittää sallimaan SIP-liikenne, koska SIP käyttää vakioporttia 5060. Ongelmaksi muodostuu itse istunnon liikenne. Istunto käyttää viestintään RFC 1887 -dokumentissa määriteltyä RTP:tä (Realtime Transport Protocol). RTP:n ongelma on, ettei se

¹⁴ *Internet-puhelut (VoIP)*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

¹⁵ Lintula, Petri, *Suoraviestintää ja läsnäoloa SIP:illä*, Pro gradu -tutkielma 2004

¹⁶ SIP Forumin jäsenluettelo, <http://www.sipforum.org>, viitattu 2.2.2005

käytä aina samoja portteja, vaan portit määritellään dynaamisesti. Lisäksi se ei varsinaisesti ole oma protokollansa. Näiden seikkojen vuoksi useat palomuurit eivät osaa tunnistaa RTP-liikennettä ja päästää sitä läpi.

Toinen ongelma liittyy IP-osoitteiden muuntamiseen. NAT-muunnoksessa verkon sisäpuolelta tuleva IP-liikenne näyttää tulevan yhdestä IP-osoitteesta. Muunnoksessa vaihdetaan kaikkien IP-pakettien otsakekenttien lähettäjää kuvaavat IP-osoitteet toimialueen NAT-palvelimen IP-osoiteiksi. Menetelmällä pyritään suojaamaan verkon yksityisyyttä tai luomaan lisää IP-osoitteita verkon sisäpuolelle. Tämä on ongelma SIP:ille, koska IP-osoitteita on myös pakettien dataosan sisällä eikä pelkästään IP-pakettien otsikkokentissä. Näin IP-osoite paketissa ei vastaa IP-osoitetta paketin ulkopuolisessa verkossa.

2.3.5 SIP-viestit

SIP-viestit jakautuvat kahteen ryhmään, pyyntöihin ja vastauksiin. Viesteillä on otsikko, joka kuvaa yhteyden yksityiskohtia. Viestisyntaksi ja otsikon kentät ovat identtisiä HTTP-protokollan kanssa. Viestien kuljetukseen voidaan käyttää niin UDP:tä kuin TCP:täkin. Viestipyyntöjä kutsutaan myös metodeiksi ja niitä on kuutta tyyppiä. Metodien avulla päätelaitteet ja palvelimet pystyvät paikantamaan, kutsumaan ja käsittelemään puheluja. SIP-metodit on listattu taulukossa 2-1.

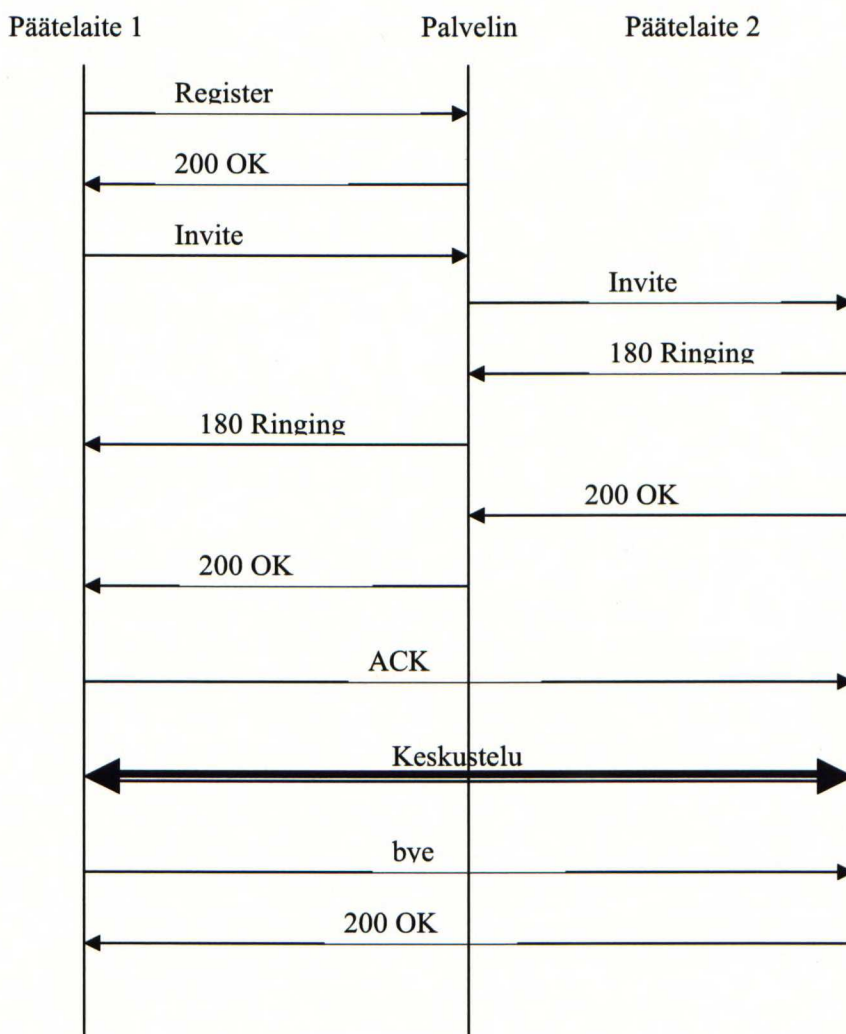
Taulukko 2-1 SIP-metodit¹⁷

| SIP-metodi | Selite |
|------------|---|
| INVITE | INVITE-pyyntö kutsuu käyttäjän istuntoon, viestin runko sisältää istunnon kuvauksen. |
| ACK | ACK-viesti lähetetään lopullisen viestin vastaanottamisen varmistamiseksi. Asiakas lähettää INVITE-pyynnön ja saatuaan vasteen pyyntöön hän lähettää ACK-viestin. Näin saavutetaan kolmiosainen kättely: INVITE – lopullinen vaste – ACK. |
| CANCEL | CANCEL-pyyntö peruuttaa toteutumattoman tapahtuman. Mikäli INVITE-pyyntö on lähetetty, mutta lopullista vastausta ei ole vielä saatu, INVITE-pyynnön käsittely lopetetaan. |
| BYE | BYE-pyynnöllä käyttäjä poistuu istunnosta. |
| REGISTER | REGISTER-pyynnöllä käyttäjä ilmoittaa palvelimella nykyisen sijaintinsa. |
| OPTIONS | OPTIONS-pyynnöllä käyttäjä kysyy palvelimelta sen ominaisuuksista, kuten mitä metodeja ja mitä istunnon kuvauskieliä se tuntee. |

¹⁷ Lintula, Petri, *Suoraviestintää ja läsnäoloa SIP:illä*, Pro gradu -tutkielma 2004

SIP-viestivastaukset perustuvat pyyntöjen vastaanottamiseen ja tulkintaan. Niitä lähetetään vastauksina pyyntöihin, ja ne ilmaisevat puhelun onnistumista tai epäonnistumista sekä palvelimen tilaa. Vastauksien kuusi luokkaa, niiden tilakoodit ja selitykset on esitetty liitteessä 1. Vastauksissa on kaksi kategoriaa: tilapäinen, joka ilmaisee etenemistä, ja lopullinen joka päättää pyynnön. Taulukon informatiiviset vastaukset ovat tilapäisiä ja loput viisi luokkaa ovat lopullisia vastauksia.¹⁸

SIP käyttää SDP:tä puhelun informaation välittämiseen. SDP-kentässä voi olla tietoa esimerkiksi median koodauksesta tai protokollan porttinumerosta. SDP on tekstipohjainen protokolla ja se kuljetetaan SIP-viestin sisällä. Kuvassa 2-4 on esitetty SIP-viestit peruspuhelussa.



Kuva 2-4 SIP-viestejä

¹⁸ Davidson, Peters, *Voice over IP*, IT Press 2002

2.4 Verkon rakenne

Seuraavaksi tarkastellaan tyypillisen SIP-verkon rakennetta ja sen eri elementtejä.

2.4.1 Päätelaitteet

SIP-arkkitehtuuri käsittää kaksi peruskomponenttia, käyttäjäagentin (UA, User Agent) ja verkkopalvelimen (network server)¹⁹. Käyttäjäagentit ovat asiakas-loppujärjestelmäsovelluksia, jotka käsittävät sekä asiakaskäyttäjäagentin (UAC, user agent client) ja palvelinkäyttäjäagentin (UAS, user agent server). Nämä tunnetaan vastaavasti nimillä asiakas ja palvelin. Asiakas-elementin tehtävä on aloittaa SIP-pyynnöt ja toimia soittavana agenttina. Palvelinelementti ottaa vastaan pyyntöjä ja palauttaa vastauksia käyttäjän puolesta, joten se toimii soitetun osapuolen agenttina.²⁰

Käyttäjäagentin rooli vaihtelee tilanteen mukaan. Esimerkiksi luodessaan yhteyttä se toimii asiakaselementtinä ja lähettäessään INVITE-viestiä se toimii palvelinelementtinä. Vain käyttäjäagentit pystyvät luomaan SIP-viestejä. On huomattava, että SIP-palvelimet sisältävät käyttäjäagentteja, joiden avulla ne pystyvät lähettämään SIP-viestejä.²¹

Yleensä nämä kaksi elementtiä, asiakas ja palvelin, näkyvät loppukäyttäjälle yhtenä päätepisteenä (endpoint). SIP-päätepisteiksi sopivia laitteita on markkinoilla hyvinkin erilaisia, joten käyttäjä voi valita varsin runsaasta valikoimasta kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivan. PC mahdollistaa monia eri toimintoja kuten videopuhelut. PC on myös suorituskyvyltään usein hyvä vaihtoehto SIP-kommunikointiin. Tällöin tarvitaan SIP-ohjelma käyttäjäagentiksi puheluiden käsittelyyn. Tämä voi olla osana muuta ohjelmaa kuten sähköpostiohjelmaa, ja se on myös mahdollista asentaa esimerkiksi kämmentietokoneeseen tai matkapuhelimeen.

SIP-päätelaitte voi olla erillinen, tähän tarkoitukseen valmistettu laite. Tavallisten IP-puhelimien, jotka muistuttavat perinteistä pöytäpuhelinta, lisäksi löytyy myös kamerallisia videopuhelimia. Markkinoilla on myös IP-sovittimia, joiden avulla on mahdollista käyttää perinteistä puhelinta SIP-puheluihin. Sovittimissa on usein liitännät useammallekin puhelimelle, ja näille voidaan

¹⁹ Sinnreich H., Johnston, A.B., *Internet Communications Using SIP: Delivering VoIP and Multimedia Services with Session Initiation Protocol*, John Wiley & Sons, Inc, 2001.

²⁰ Davidson, Peters, *Voice over IP*, IT Press 2002

²¹ Sinnreich H., Johnston, A.B., *Internet Communications Using SIP: Delivering VoIP and Multimedia Services with Session Initiation Protocol*, John Wiley & Sons, Inc, 2001.

konfiguroida omat numeronsa. Näin yhdellä fyysisellä liitäntäyhteydellä voidaan tarjota useampi rinnakkainen puhelinyhteys.

Käyttäjä ei välttämättä tiedä viestin vastaanottajan olinpaikkaa eikä päätelaitetta. Erot päätelaitteiden ominaisuuksissa saattavat johtaa siihen, ettei vastaanottaja pystykään lukemaan viestiä tai jotain sen osaa. OPTIONS-viesti mahdollistaa vastaanottajan päätelaitteen ominaisuuksien kyselyn, mutta käyttäjää ei voi vaatia kysymään jokaisen vastaanottajan päätelaitteen ominaisuuksia.

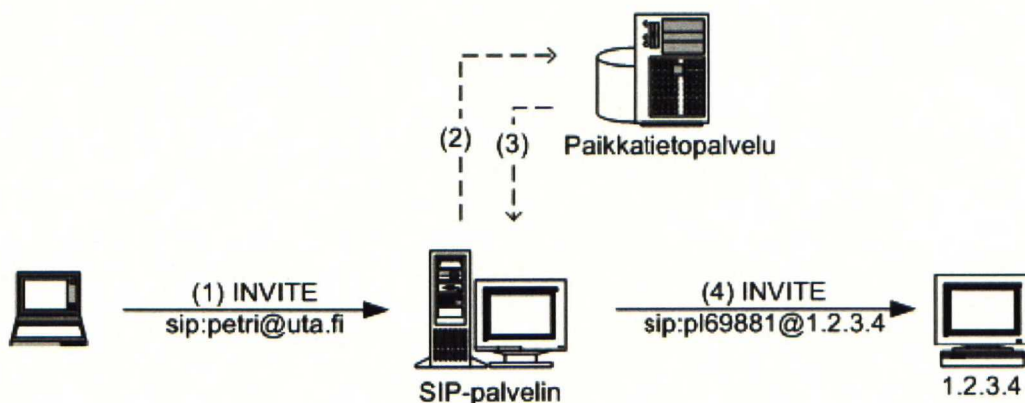
Kaikkien päätelaitteiden tulee pystyä käsittelemään tekstimuotoisia viestejä. Viestien sisältöjen ollessa suuria ja muodostuessa eri mediatyypeistä, kuten kuvista ja videoleikkeistä, kaikkien päätelaitteiden ei voida olettaa osaavan käsitellä niitä. Erityisen haastavaa tämä on mobiilipäätelaitteiden kohdalla, jolloin mukaan tulee uusia rajoituksia kuten näytön koko ja resoluutio, muistin määrä sekä tuetut viestiformaatit. Esimerkiksi viesti voi olla liian suuri mahtuakseen päätelaitteen muistiin.

2.4.2 SIP-palvelimet

SIP-palvelimen päätehtävä on rekisteröidä, välittää ja hallinnoida SIP-viestien mukaisia toimintoja ja toimenpiteitä. SIP-palvelimia on kolmea eri tyyppiä. Ne ovat joko välipalvelimia (proxy server), uudelleenohjauspalvelimia (redirect server) tai rekisteröintipalvelimia (registrar server).

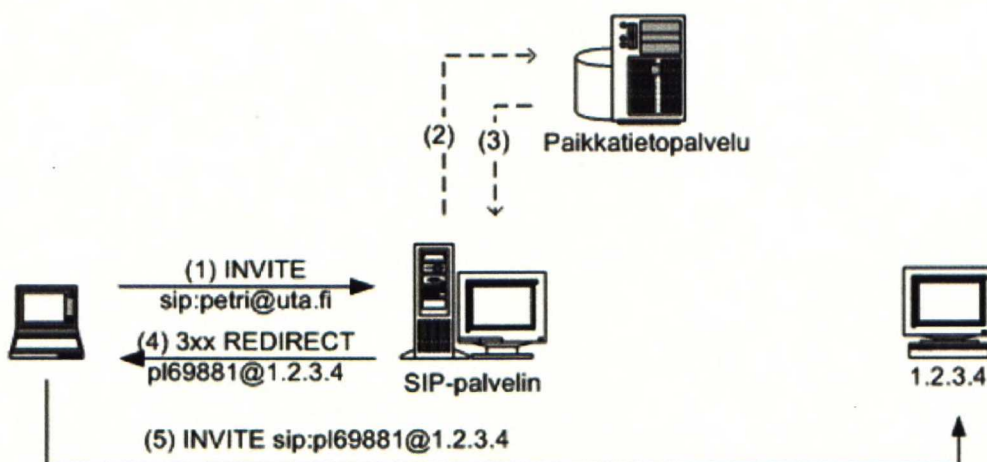
Välipalvelimet vastaanottavat SIP-viestejä ja kyselevät paikkatietopalvelulta (location service) vastaanottajien osoitetietoja. Osoitetiedon kyselyn jälkeen ne lähettävät SIP-viestin eteenpäin suoraan käyttäjälle, mikäli tämä sijaitsee samalla toimialueella (domain), tai toiselle välipalvelimelle, mikäli käyttäjä on toisella toimialueella. Kuva 2-5 havainnollistaa välipalvelimen toimintaa. Välipalvelimet voivat lisätä viesteihin parametreja tai kieltäytyä vastaanottamasta viestejä. Ne eivät kuitenkaan voi luoda viestejä eivätkä vastata viesteihin myöntävästi. Mikäli välipalvelimet eivät tunnista viestiä, ne välittävät sen eteenpäin muuttumattomana. Tämä mahdollistaa uusien toimintojen lisäämisen suoraan käyttäjäagentteihin, eikä välipalvelinten ohjelmistoja tarvitse päivittää.²²

²² RFC 3261, *SIP: Session Initiation Protocol*, IETF 2002



Kuva 2-5 SIP-välipalvelimen toimintaperiaate²³

Uudelleenohjauspalvelimet vastaanottavat SIP-viestejä ja kysyvät paikkatietopalvelulta vastaanottajien senhetkisiä osoitetietoja. Tämän jälkeen ne lähettävät käyttäjälle 3xx-tyyppisen viestin ohjaten käyttäjän luomaan yhteyttä toiseen IP-osoitteeseen. Uudelleenohjauspalvelimet eivät lähetä viestiä eteenpäin sen vastaanottajalle. Päätelaitteen vastuulle jää viestin lähettäminen eteenpäin palvelimelta saatujen tietojen pohjalta. Kuva 2-6 esittää SIP-uudelleenohjauspalvelimen toimintaperiaatteen.²⁴



Kuva 2-6 SIP-uudelleenohjauspalvelimen toimintaperiaate²⁵

²³ Lintula, Petri, *Suoraviestintää ja läsnäoloa SIP:illä*, Pro gradu -tutkielma 2004

²⁴ RFC 3261, *SIP: Session Initiation Protocol*, IETF 2002

²⁵ Lintula, Petri, *Suoraviestintää ja läsnäoloa SIP:illä*, Pro gradu -tutkielma 2004

Vastaanottaessaan SIP-viestin välipalvelin kyselee paikkatietopalvelulta, mistä viestin vastaanottaja löytyy kyseisellä hetkellä. Tämän jälkeen palvelin välittää viestin eteenpäin vastaanottajalle. Vastaavasti uudelleenohjauspalvelin lähettää viestin takaisin päätelaitteelle kysyttyään ensin käyttäjän IP-osoitteen. Päätelaite lähettää viestin tämän jälkeen suoraan vastaanottajalle. Edellä esitetyissä kuvissa oletetaan, että kaikki laitteet sijaitsevat samalla toimialueella, eikä viestejä lähetetä toisille toimialueille.

Rekisteröintipalvelimet ovat palvelimia, jotka vastaanottavat käyttäjäagenttien lähettämiä paikkatietoviestejä, mikä tarkoittaa käytännössä näiden IP-osoitteita. Vastaanotettuaan viestin ne pyytävät paikkatietopalvelua varastoimaan käyttäjän paikkatiedon. Usein paikkatietopalvelu on toteutettu fyysisesti rekisteröintipalvelimeen. Näin ei kuitenkaan tarvitse olla, vaan paikkatietopalvelu voi sijaita myös sovelluspalvelimessa. Paikkatietopalvelu on palvelu, johon rekisteröintipalvelin tallentaa saamiaan REGISTER-viestien tietoja. Välipalvelimet kyselevät paikkatietopalvelulta saamiensa viestien vastaanottajien IP-osoitteita.

SIP-istunnon luonnin jälkeen SIP ei enää tarvitse välipalvelimia viestien välittämiseen, vaan SIP-käyttäjäagentit lähettävät viestejä suoraan toisilleen (point-to-point). Käytännössä SIP-viestit kulkevat usein välipalvelinten kautta, varsinkin päätelaitteiden ollessa eri toimialueilla. Teoriassa päätelaitteet voivat kuitenkin lähettää viestejä suoraan toisilleen.

2.4.3 Sovelluspalvelimet

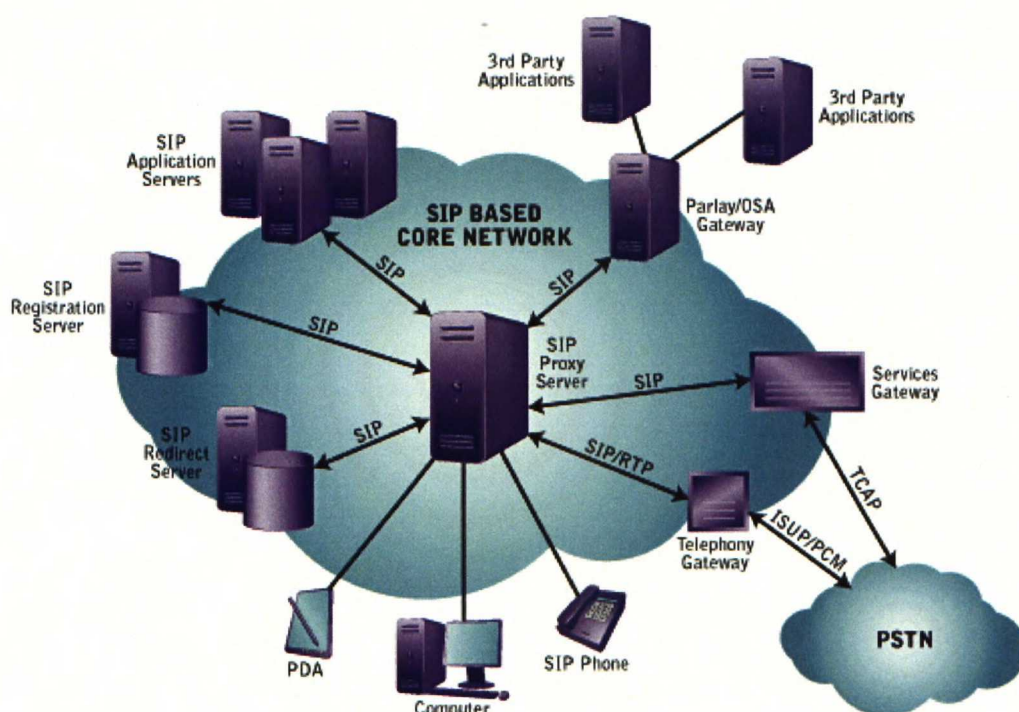
Sovelluspalvelimet (application servers) toimivat yhdessä SIP-palvelinten sekä käyttäjäagenttien kanssa tarjoten näille erilaisia palveluita. Tällaisia palveluita ovat muun muassa suora viestintä, läsnäolo ja käyttäjän profilointi.

AAA-palvelin (Authentication, Authorization and Accounting) tarjoaa todennus-, valtuutus- sekä hallinnointitoimintoja. Nämä tehtävät voidaan jakaa myös useamman AAA-palvelimen kesken, jolloin käyttäjän todentava palvelin ei välttämättä ole sama palvelin, joka valtuuttaa toisia käyttäjiä käyttämään palveluita.

Back-to-Back -käyttäjäagentti (B2BUA) on palvelu, joka vastaanottaa ja prosessoi viestejä kuin se olisi käyttäjäagentin palvelinelementti. Ymmärtääkseen miten viesteihin tulisi vastata, se toimii kuten käyttäjäagentin asiakaselementti. Toisin kuin välipalvelin, se ylläpitää tilatietoa

keskustelusta (dialog) ja vastaa kaikkiin sen keskustelun viesteihin. Tällä tavalla on mahdollista muun muassa toteuttaa anonyymipalvelu.²⁶

SIP-palvelu voidaan tuottaa SIP-järjestelmän ulkopuoleisella sovelluspalvelimella. Tällöin palvelin on SIP API -sovellusrajapinnan (Application Programming Interface) avulla yhteydessä välipalvelimeen. Esimerkki tällaisesta arkkitehtuurista on esitetty kuvassa 2-7.



Kuva 2-7 Sovelluspalvelimet verkossa²⁷

Integroitujen SIP-sovellusten kehittämiseen on jo markkinoilla erilaisia sovelluspalvelimia. Esimerkiksi Microsoftin Live Communications Server 2003 mahdollistaa mukautettujen reaaliaikaisten tiedonvälitysratkaisujen kehittämisen. Sen avulla voidaan kehittää esimerkiksi keskusteluryhmien, videoneuvottelujen, audiokonferenssien, tietojen yhteiskäytön ja puheluiden tarpeita sekä integroida ratkaisut liiketoimintasovelluksiin.

²⁶ RFC 3261, *SIP: Session Initiation Protocol*, IETF 2002

²⁷ Ulticomin WWW-sivut, *SIP applications*,
http://www.ulticom.com/html/products/sip/sip_applications.asp, viitattu 25.5.2005

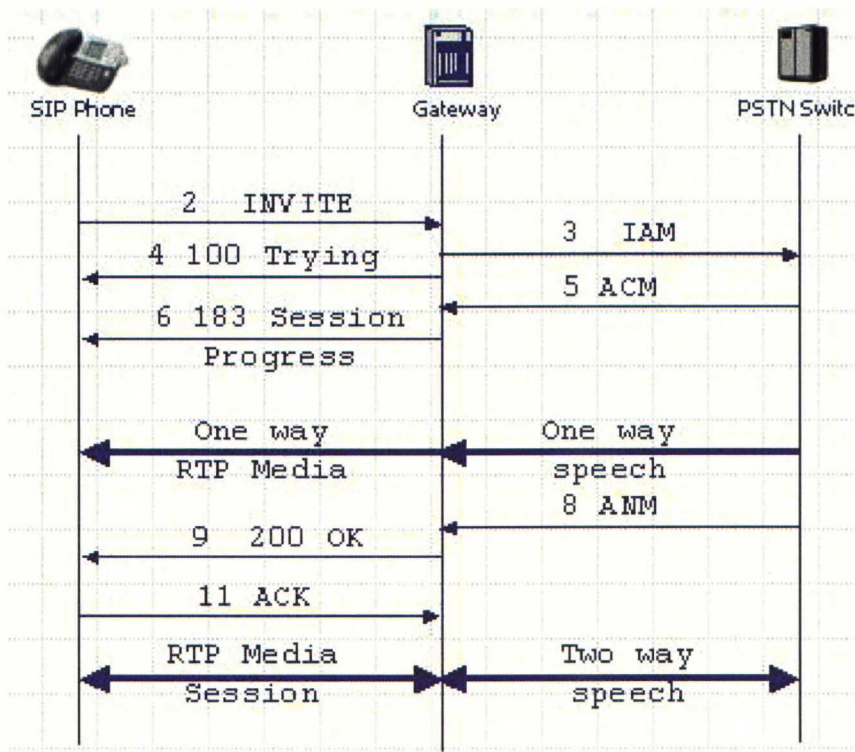
Live Communications Server 2003 perustuu SIP:iin ja sisältää lukuisia sovellusliittymiä (API), joiden avulla voidaan luoda mukautettuja sovelluksia ja ratkaisuja. Palvelimen API:n avulla on mahdollista rakentaa sovelluksia, jotka vaikuttavat palvelimen SIP-liikenteeseen. Tällä tavalla sovellukset toimivat liikenteen muokkaajina, ne voivat esimerkiksi muuttaa puheluiden reitityksiä kellonajan mukaan. API:n avulla on myös mahdollista toteuttaa palvelimella erilaisia liikenteen rajoituksia kuten puheluiden estolistoja ja virustarkastuksia.²⁸

2.4.4 Yhdyskäytävät

Yhdyskäytävät (GW, gateway) tarjoavat mahdollisuuden välittää liikennettä erilaisten verkkojen välillä. Esimerkiksi VoIP-liikenne voidaan ohjata PSTN- tai matkaviestinverkkoon yhdyskäytävän läpi, ja näin puhelut verkosta toiseen ovat mahdollisia. Yhdyskäytävää voidaan käyttää myös kun halutaan toteuttaa toiminto tai palvelu, joka sijaitsee muussa verkossa.

Yhdyskäytävä muuntaa liikenteen kyseisen verkon ymmärtämään muotoon eli esimerkiksi PSTN-yhdyskäytävä huolehtii IP-pakettien purkamisesta perinteiseen puhelinverkkoon mentäessä. Vastaavasti yhdyskäytävä huolehtii PSTN-verkosta tulevan puheen pakkaamisesta siten, että se voidaan lähettää IP-verkkoon. Yhdyskäytävä huolehtii tässä tapauksessa kaiun poistosta sekä viiveen hallinnasta. IP-verkon muita tyypillisiä yhdyskäytäviä ovat MOBILE-yhdyskäytävä matkapuhelinverkkoon ja PBX-yhdyskäytävä sisäiseen puhelinkytkenäverkkoon. SIP-PSTN-puhelun muodostamiseen tarvittavat viestit on esitetty kuvassa 2-8.

²⁸ Microsoft, *Live Communications Server 2003 –Guide*, 2003

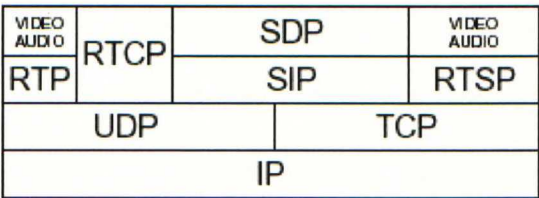


Kuva 2-8 PSTN-yhdyskäytävän viestit puhelun muodostuksessa ²⁹

2.4.5 Kuljetusprotokollat

Internet-protokollan päällä ajetaan pääasiassa kahden tyyppistä liikennettä: UDP- ja TCP-liikennettä. TCP:tä käytetään yleensä silloin, kun halutaan luotettava yhteys ja jokainen lähetty paketti on vastaanotettava oikein, kuten esimerkiksi sähköpostin tapauksessa. UDP:tä käytetään kun tarvitaan yksinkertaisuutta eikä pakettien katoaminen ole huolenaihe. Esimerkiksi reaaliaikaisessa videoneuvottelussa on tärkeämpää lyhyt viive kuin jokaisen paketin perille saapuminen, joten tällaisessa tapauksessa UDP on suositeltavampi vaihtoehto. SIP voi käyttää sekä TCP:tä että UDP:tä. Havainnollistava kuva SIP-pinosta on esitetty kuvassa 2-9.

²⁹ Johnston A., Sinnreich H., *SIP Tutorial, Introduction to SIP, Voice On the Net*, Spring '04 -konferenssi



Kuva 2-9 SIP-pino³⁰

Ääniliikenteen aikakriittisyyden takia UDP/IP oli aikoinaan looginen valinta äänen kuljetukseen. Paketti paketilta tapahtuvaan tiedonsiirtoon tarvittiin kuitenkin enemmän tietoa kuin mitä UDP pystyi tarjoamaan, joten IETF hyväksyi RFC 1889 määrittelemän RTP:n reaaliaikaisten sovellusten väliseen datan kuljetukseen. Datan siirtoon käytettäviä paketteja kutsutaan RTP-paketeiksi. RTP ei takaa palvelunlaatua eikä varaa resursseja.

RTP:a käytetään yleensä UDP:n päällä, koska se sisältää multipleksauksen ja virhesumman laskemisen paketeille. Muutkin protokollat käyvät, sillä RTP ja RTCP ovat riippumattomia alla olevista verkko- ja kuljetuskerroksista. TCP:n käyttöä ei kuitenkaan suositella, sillä TCP:lle ominainen uudelleenlähetys on tarpeeton reaaliaikaisuutta vaativassa kommunikoinnissa. TCP:n slow-start lähettää ensin vain yhden paketin ja jää odottamaan vastausta ennen kuin kasvattaa lähetyksen kokoa. Näin ollen puhelun muodostus olisi saatava mahtumaan tähän ensimmäiseen pakettiin.

RTP:n otsikossa ovat kentät pakettien numeroinnille ja aikaleimalle. Pakettien numeroinnin avulla tiedetään esimerkiksi, minkä osan videokuvan ruudusta tiedot sisältävät. Tämän tiedon perusteella videokuva saadaan koottua oikein vastaanottajan päätelaitteessa. Audiovirran tapauksessa pakettien numerointi toimii vastaanottopuskurissa järjestyksenpitäjänä.

Tällä hetkellä suurin este RTP:n leviämiselle on Internetin rajoitettu tiedonsiirtokapasiteetti. Tulevaisuudessa tiedonsiirron nopeutuessa ja reaaliaikaisten palveluiden yleistyessä voidaan olettaa RTP:n käytön kasvavan huomattavasti.

³⁰ Bergquist O., Sjöstedt M., *IP Telephony: A Swedish Perspective*, 2003

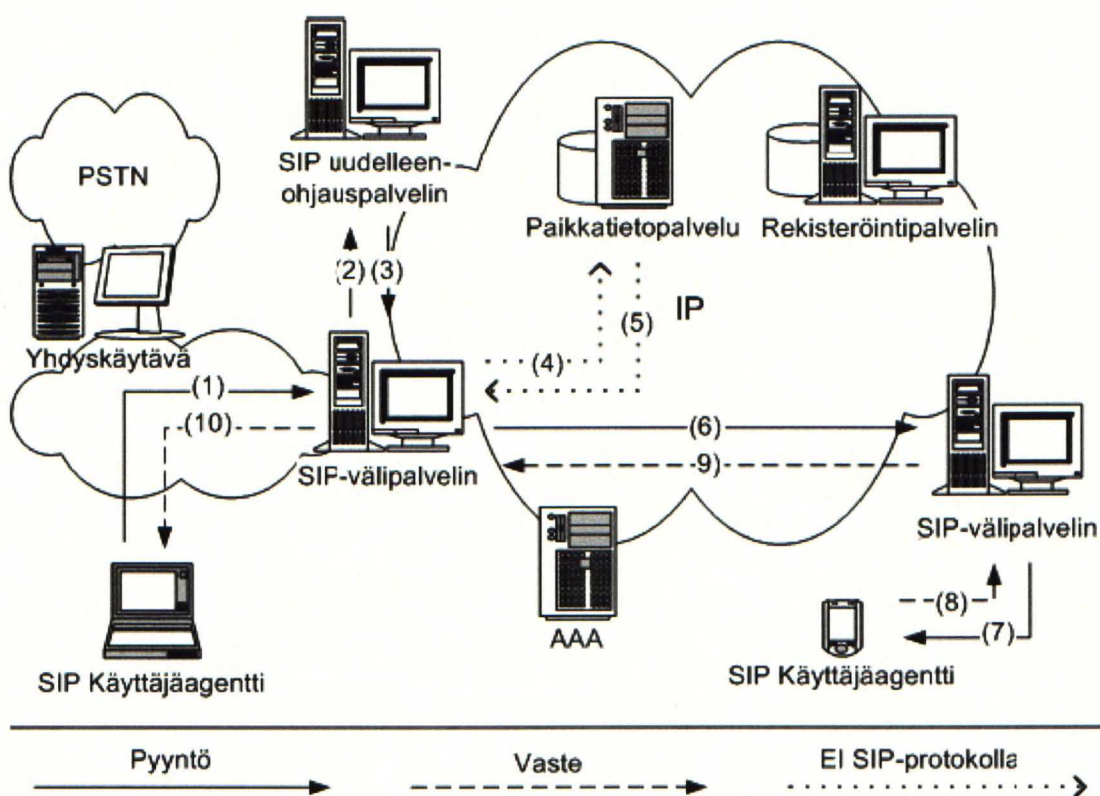
2.4.6 *Verkko*

Puhelun välitys IP-verkossa vaatii tietyn määrän kaistaa, mutta jos sitä ei ole tarpeeksi saatavilla, niin äänenlaatu kärsii. Äänen koodaustekniikasta riippuen tarvittava kaistanleveys voi olla hyvinkin pieni. Käytännössä kuitenkin ISDN- (Integrated Services Digital Network) tai xDSL-yhteys (Digital Subscriber Line) on suositeltava valinta, sillä tällöin voidaan saavuttaa jopa parempi äänenlaatu kuin PSTN-verkossa.

Jos puhelu käydään Internetin yli, niin kuvan ja äänen laatu saattaa kärsiä melkoisestikin verrattuna LAN-verkossa (Local Area Network) välitettävään puheluun. Syynä on julkisen Internetin ruuhkaisuus ja se, ettei reaaliaikaisuutta vaativaa liikennettä siinä voida priorisoida. Yksityisissä verkoissa aikakriittisen liikenteen priorisointi on kuitenkin mahdollista, ja näin voidaan parantaa palvelun laatua huomattavasti.

2.4.7 *Arkkitehtuuri*

Kuva 2-10 esittää laajempaa SIP-verkon arkkitehtuuria. Kuvassa on myös esitetty tavallisen SIP-yhteydenottopyynnön (INVITE-viesti) kulku verkossa. Kuvassa ei ole otettu huomioon käyttäjien tunnistusta eikä valtuutusta käyttää palveluita tai tietoverkkoa, vaikka kuvassa onkin AAA-palvelin. Seuraavaksi perehdytään SIP-palveluihin, joita tällä arkkitehtuurilla on mahdollista tarjota.



Kuva 2-10 SIP-verkon arkkitehtuuri³¹

³¹ Lintula, Petri, *Suoraviestintää ja läsnäoloa SIP:illä*, Pro gradu –tutkielma 2004

3 IP-pohjaisia puheviestintäpalveluita

3.1 Käyttötilanne

SIP-palvelua on mahdollista käyttää hyvinkin erilaisista päätelaitteista. Tässä tutkimuksessa keskitytään sovelluksiin, joissa käyttäjä on suurella todennäköisyydellä PC:n äärellä. Vaikka mobiilit päätelaitteet tuovatkin käyttäjälle lisäarvoa liikuteltavuuden myötä, on niissä kuitenkin nykyään puutteita suhteessa pöytämallisiin PC:ihin. Mobiilissa päätelaitteessa on yleensä huomattavan pieni näyttö, vähäisempi suorituskyky ja lyhyempi käyttöaika, minkä vuoksi PC ei ole menettänyt suosiotaan esimerkiksi kämmentietokoneelle.

PC:llä käytetään usein ohjelmia verkkoyhteyden kautta, esimerkiksi selaillaan Internetiä ja luetaan sähköpostia. Myös verkkopelaaminen on suosiossa tietyissä ryhmissä.³² Useat käyttötilanteet perustuvat kommunikointiin muiden ihmisten kanssa tai johtavat tarpeeseen kommunikoida. Esimerkiksi sähköpostiviestin saatuaan käyttäjälle voi herätä lisäkysymys ja hän haluaa muodostaa puhelun viestin lähettäjän kanssa. Tässä työssä pyritään löytämään sovellus, jossa integraatio äänen ja muun palvelun välillä tuo mahdollisimman paljon lisäarvoa käyttäjälle ja on palvelun tarjoajalle liiketoiminnallisesti kannattava.

3.2 Palvelun tarjoajat

Viime aikoina erilaiset IP-pohjaiset palvelut ovat saaneet paljon huomiota ja luoneet kuvaa ilmaisista kommunikaatiopalveluista. Osa näistä palveluista on operaattoreiden hallinnoimia ja osa perustuu vertaisviestintäverkkoon eli niin sanottuun P2P-verkkoon (peer-to-peer). Seuraavaksi käydään läpi palveluntarjoajatyyppejä ja tämän jälkeen tarkastellaan P2P-ajatuksen pohjautuvia kommunikaatiopalveluita.

IP-palveluiden tarjoajia on huomattavasti enemmän kuin perinteisten telekommunikaatiopalveluiden tarjoajia, sillä alalle tulo ei välttämättä vaadi suuria investointeja kuten kupari-kaapeliverkkoa. Esimerkiksi IP-puhepalvelun tarjoamiseen riittää vähimmillään yksi palvelinkone.

Käytännössä kuitenkin operaattorilla tulee olla useita osa-alueita hallinnassa, jos se haluaa tarjota todella luotettavaa VoIP-palvelua kuluttajille. Seuraavaksi tarkastellaan näitä vaatimuksia operaattorin kannalta.

3.2.1 Vaatimukset

Skaalautuvan ja luotettavan VoIP-järjestelmän rakennus vaatii investointeja. Täten taloudelliselta kannalta katsottuna pääoman puute estää ketä tahansa ryhtymästä operaattoriksi paitsi vertaisverkkotapauksissa, joita käsitellään kappaleessa 3.4. Järjestelmän pystytyksen jälkeen tarvitaan varoja ylläpitoa varten. Kaupallisesta näkökulmasta asiakkaiden hankinta ja niiden säilytys ovat erittäin tärkeitä, jolloin etulyöntiasemassa ovat paikalliset operaattorit.³³

Yhdyskäytävä perinteiseen puhelinverkkoon on edellytys ammattimaisen kuluttaja-VoIP-palveluiden tarjoamiselle. IP-puheluiden tekniikkaa varten tarvitaan sekä perinteisen lankaverkon että uudemman IP-verkon osaamista, ja tällainen tietotaito on vielä melko harvinaista. Verkon rakennuksen ja hallinnan kannalta standardeihin perustuva elementtien yhteensopivuus on tärkeää, jotta saadaan tulevaisuuden tarpeisiin mukautuva verkko jonka eri elementtejä on mahdollista tarpeen mukaan päivittää.

Operationaalisen toiminnan kannalta puhelinverkonhallinnalla on tärkeä osuus, ja erityisesti on kiinnitettävä huomiota yhdysliikennesopimuksiin ja -maksuihin niin paikallisesti kuin kansainvälisestikin. Laskutuksen ja taustajärjestelmien, kuten vianhallintajärjestelmien, integraatio on myös toteutettava.

3.2.2 Palveluntarjoajatyypit

Edellä mainittujen seikkojen valossa on hyvä pohtia nykyisten operaattoreiden roolia IP-maailmassa. Millä operaattoreilla on parhaat asetelmat VoIP:n tarjoamiseen?

Ensimmäisinä IP-puhetta oli tarjolla nettipalveluntarjoajilla, joilla oli tarvittava IP-osaaminen. Näissä sovelluksissa puhe on usein integroituna esimerkiksi pikaviesti-palveluun (IM). Näillä palveluilla ei yleensä ole yhteyttä PSTN-verkkoon, joten palvelut rajoittuvat IP-verkon puolelle.

IP-osaamista löytyy myös laajakaistaliittymän tarjoajilta, jotka toimivat usein myös Internet-palvelutarjoajina (ISP, Internet Service Provider). Laajakaistan tarjoajalla on hallussaan niin sanottu viimeisen mailin yhteys ja tietty asiakaskunta. Internet-yhteyden ja IP-puheen

³² Kurikka, Päivi, *Kahden kerroksen kännykkäkansaa: Nuorten tietotekniikan käyttö ja asenteet tietoyhteiskuntaa kohtaan Nuorten Suomi 2001 -tutkimuksessa*, SITRA 2002

³³ Wiener, Bryan, Net2Phone Global Services, *The Long-Term Role of the Broadband VoIP Provider*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

tarjoaminen yhdessä on houkuttelevaa operaattorin kannalta, sillä näin asiakas voidaan sitouttaa paremmin ja palvelut tukevat toisiaan.

Monet perinteiset puhelinoperaattorit ovat kokeneet puheen siirtymisen IP-verkkoon suurena uhkana. Tämän vuoksi operaattorit ovat pyrkineet jarruttamaan tätä kehitystä. Toisaalta puheen siirtäminen IP-verkkoon antaa kilpaileville CLEC-operaattoreille (Competitive Local Exchange Carrier) mahdollisuuden tarjota puhepalveluita alueilla, joilla niillä ei ole omaa kupariverkkoa. Näiden alueiden verkon omistajilla (ILEC, Incumbent Local Exchange Carrier) on ollut monopoliasema puhepalveluihin, joten ne eivät halua kannibalisoida omaa kannattavaa liiketoimintaansa halvemmilla puheluilla. Perinteisillä puhelinoperaattoreilla on puhelintoimilupa ja mahdollisuus liittää yhdyskäytävä lankaverkkoon melko vaivattomasti. Lisäksi niillä on valmis puhelinpalvelua käyttävä asiakaskunta. Erityisen houkutteleva tilanne on laajakaistaa tarjoavan puhelinoperaattorin kannalta, sillä niillä on asiantuntemusta niin IP- kuin lankaverkonkin tekniikasta.

Kaapelioperaattoreilla on valmis asiakaskunta ja viimeisen mailin yhteys asiakkaan luokse. VoIP:in ja muun tarjonnan, kuten TV-kanavien tai Internet-yhteyden, avulla on kaapelioperaattorilla mahdollisuus tehdä houkuttelevia tuotepaketteja. Eräs näistä paketeista on niin kutsuttu tripleplay eli palvelupaketti, jossa asiakkaalle tarjotaan TV-kanavia, Internet-yhteys ja IP-puhe samaa johtoa pitkin. Toisaalta kaapelioperaattoreilla ei ole taustaa puhelumaailmasta, ja esimerkiksi yhdyskäytävien liittäminen puhelinverkkoon ei käy yhtä helposti kuin puhelinoperaattoreilta.

3.3 Operaattorin hallinnoima palvelu

Markkinoilla on nykyään erilaisia operaattoreiden hallinnoimia IP-kommunikaatiopalveluita. Näillä operaattorien tarjoamilla palveluilla on yleensä keskitetty järjestelmä, josta palvelua hallinnoidaan. Käyttäjän päätelaite on yhteydessä palvelimeen, jolle rekisteröityminen vaatii tietyt oikeudet. Rekisteröitynyt asiakas pääsee tämän jälkeen käyttämään palvelimen tarjoamaa palvelua. Operaattorilla on mahdollisuus tehdä käyttäjistä henkilöhakemistoja, joissa näkymisensä muille käyttäjille palvelun käyttäjällä on oikeus estää.

P2P-palveluiden käytön ollessa usein veloituksettomia, on operaattorin hallinnoimassa palvelussa usein tietty veloitus. Suomessa tällä hetkellä tarjolla olevissa IP-puhepalveluissa on

kuukausimaksun lisäksi minuuttipohjainen veloitus. Perinteisten teleoperaattorien Elisan³⁴ ja Soneran³⁵ Puhekaista-palveluissa palvelun sisäiset puhelut ovat maksullisia, kun taas VoIP-operaattori Ipon Communicationsin Laajakaistapuhelin-palvelussa nämä sisältyvät kuukausimaksuun. Maksullisuuden myötä operaattoreilla on paremmat mahdollisuudet kehittää palvelua edelleen ja tarjota parempaa palvelua kuin ilmaispalveluilla. Ilmaispalveluiden liiketoiminta ei perustu palvelun käytön veloitukseen, vaan tulot saadaan esimerkiksi palvelun yhteydessä esitettävistä mainoksista.

Operaattoreiden tarjoamat palvelut ovat yleensä käyttäjäystävällisempiä, sillä niiden kehitykseen on panostettu enemmän kuin tyypillisesti harrastelijapohjalta tehtyihin ilmaispalveluihin. Lisäksi niiden etuna on yleensä käytössä olevat yhdyskäytävät, jotka mahdollistavat puhelut myös IP-verkon ulkopuolelle.

Operaattorin tarjoamasta IP-puhepalvelusta on esimerkkinä Ipon Communicationsin Laajakaistapuhelin-palvelu³⁶. Ipon tarjoaa palveluaan kaikkiin laajakaistaliittymiin, kuten esimerkiksi Elisa ADSL-, HTV-welho-, Sonera ADSL- ja HOASnet-kiinteistöliittymiin. Palvelua käytetään joko IP-puhelimella tai IP-sovittimen avulla perinteisellä puhelimella.

Laajakaistapuhelimen käyttäjälle kaikki sen lisäpalvelut ovat maksuttomia. Käytössä on vastaajapalvelu, jonka ääniviestin käyttäjä voi itse nauhoittaa. Käyttäjä voi siirtää kaikki tai vain vastaamattomat puhelunsa esimerkiksi matkapuhelinliittymäänsä. Lisäksi käyttäjä voi asettaa ja poistaa liittymäänsä estoja muun muassa palvelunumeroiden suhteen ja asettaa soittajan numeron näytön.

3.4 Vertaisviestintäpalvelu

Vielä 1990-luvun lopulla suurin osa Internetin kotikäyttäjien dataliikenteestä koostui HTTP-liikenteestä, mutta viime vuosina tilanne on muuttunut nopeasti. Vaikka HTTP-liikenteen määrä on edelleen kasvanut, on P2P-liikennettä monin paikoin sitä suurempi osa Internetin liikenteestä. Turun yliopiston mukaan lokakuussa 2004 yliopistoverkon sisään tulevasta tietoliikenteestä 62 % ja ulosmenevästä liikenteestä peräti 86 % oli erilaisten vertaisverkko-

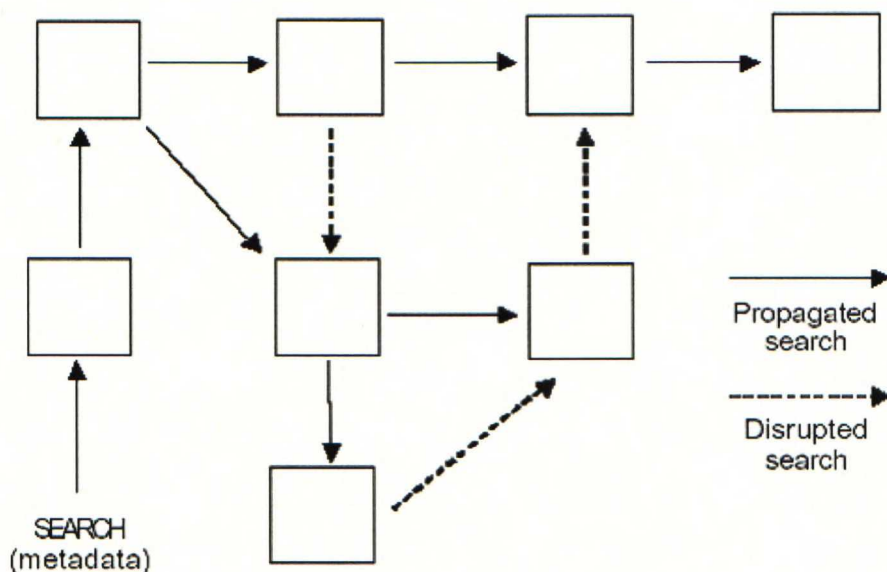
³⁴ Elisa Puhekaista -hinnasto 1.1.2005

³⁵ Soneran Puhekaista -hinnasto 1.1.2005

³⁶ Ipon Communicationsin Laajakaistapuhelin -hinnasto 1.1.2005

ohjelmistojen tuottamaa³⁷. Pääsääntöisesti näitä ohjelmia käytetään musiikki- ja elokuva-tiedostojen jakoon.

Vertaisviestintäverkon arkkitehtuuri rakentuu hajautetuista sovelluksista siten, että yksittäisillä päätepisteillä on yhtäläiset roolit. Verkon komponentteja ei siis ole jaettu palvelimiin ja asiakkaisiin, vaan samat sovellusnoodit voivat toimia näissä molemmissa rooleissa. Sovellukset muodostavat yhteyksiä toisiinsa ja näin muodostuu P2P-verkko. Kuva 3-1 esittää P2P-verkon tiedonhakuprosessin, jossa haku etenee noodista toiseen tiettyjen parametrien mukaan. Yleensä P2P-verkot ovat ad-hoc -tyyppisiä ja niillä ei ole keskitettyä hallintoa.



Kuva 3-1 P2P-verkon tiedonhaku³⁸

SIP:ssä on useita yhtäläisyyksiä vertaisviestintäsovellusten kanssa. Molemmissa palvelimia käytetään vain päätepisteiden paikantamiseen. Tämän jälkeen sekä signalointi että varsinainen liikenne tapahtuu suoraan päätepisteiden välillä. Toisaalta erona SIP:n ja puhtaan vertaisviestinnän välillä on esimerkiksi se, että SIP:ssä on selkeästi eritelty päätepisteet eli käyttäjäagentit ja palvelimet.³⁹

³⁷ TTVK käynnistää valistuskampanjan suomalaisille vertaisverkon käyttäjille, Tekijänoikeiden tiedotus- ja valvontakeskus tiedote 5.1.2005

³⁸ Isomäki, Markus, *Peer-to-Peer Communication Services in the Internet*, Peer to Peer and SPAM in the Internet –lisensiaattityöseminaari 2003

³⁹ Isomäki, Markus, *Peer-to-Peer Communication Services in the Internet*,

Vertaisviestintätyyppisissä IP-puhelupalveluissa on yleensä mahdollisuus veloitusettomiin puheluihin IP-verkon sisällä. Niissä ei kuitenkaan ole yleensä yhteyttä lankaverkkoon edes lisämaksusta. Lisäksi näissä palveluissa on usein huonompi äänenlaatu kuin kaupallisissa palveluissa. Usein näiden palveluiden tarjoajat saavat tulonsa mainoksista tai erilaisten hinnoittelumallien kautta, kuten kuukausimaksuista. Käyttäjän kannalta on näiden niin sanottujen ilmaisipalveluiden kanssa huomioitava, että palvelun käyttöön tarvittava Internet-yhteys on yleensä maksullinen.

P2P-sovelluksen käyttö kommunikaatioon nousi julkisuuteen syyskuussa 2003 kun VoIP-puheluiden tarjoaja Skype alkoi mainostaa veloituksettomia puheluita, joiden äänenlaatu on jopa parempi kuin perinteisen lankaverkon puheluiden.⁴⁰

Skypen ovat kehittäneet tiedostojenjakohjelma KaZaAn perustajat Janus Friis ja Niklas Zennström. Vuoden 2003 syyskuussa lanseerattu Skype on ilmaiseksi ladattavissa, ja 10 kuukautta lanseerauksen jälkeen latauksia on tehty jo yli 16 miljoonaa. Se ei perustu mihinkään standardiin, mutta siinä on paljon yhtäläisyyksiä SIP:n kanssa. Skypen käyttöä varten asiakas asentaa ohjelman tietokoneelleen jonka käyttöjärjestelmänä on Windows tai Linux. Ohjelma on mahdollista asentaa myös esimerkiksi kämmentietokoneeseen. Tällöin on mahdollista soittaa puheluita langattoman lähiverkon yli.⁴¹

Jos IP-verkossa on tarpeeksi kapasiteettia, on Skypen tarjoama äänenlaatu parempi kuin PSTN-verkon puheluisissa. Tämä on mahdollista äänikoodekin avulla, joka käyttää jopa 7 kHz:n taajuuskaistanleveyttä, kun taas PSTN-verkon PCM-koodaus (Pulse Code Modulation) rajautuu 3,4 kHz. Jos käytössä on hitaampi yhteys, kuten ISDN, käytetään automaattisesti matalampibittitaajuuksista koodekkia, jolloin on äänenlaatu heikompi. Skype mainostaa pystyvänsä mukautumaan millaisiin verkko-olosuhteisiin tahansa.⁴²

Skypen suosioon on vaikuttanut sen helppokäyttöisyys, palvelu toimii niin NAT:n kuin palomuurienkin kanssa ilman erillistä konfigurointia. Puheluiden lisäksi palvelun avulla voi muodostaa useamman hengen puhelinneuvotteluja, lisäksi on mahdollisuus pikaviesteihin ja

Peer to Peer and SPAM in the Internet –lisensiaattityöseminaari 2003

⁴⁰ Skypen WWW-sivut, <http://www.skype.com/>, viitattu 2.2.2005

⁴¹ Skypen WWW-sivut, <http://www.skype.com/>, viitattu 2.2.2005

⁴² Isomäki, Markus, *Peer-to-Peer Communication Services in the Internet*, Peer to Peer and SPAM in the Internet –lisensiaattityöseminaari 2003

läsnäolotietoon. Skypen vertaisviestintäverkkomainen arkkitehtuuri on osoittanut myös skaalautuvuutensa suurillekin käyttäjämäärille.⁴³ Skype salaa sekä signaloinnin että varsinaisen äänimedian, joten sen käyttö on varsin tietoturvallista.⁴⁴

Skypellä soittaminen toisille Skypen käyttäjille on maksutonta. Skypellä on mahdollisuus myös maksullisiin puheluihin PSTN- ja mobiiliverkkoihin sekä puheluiden vastaanottamiseen näistä verkoista.

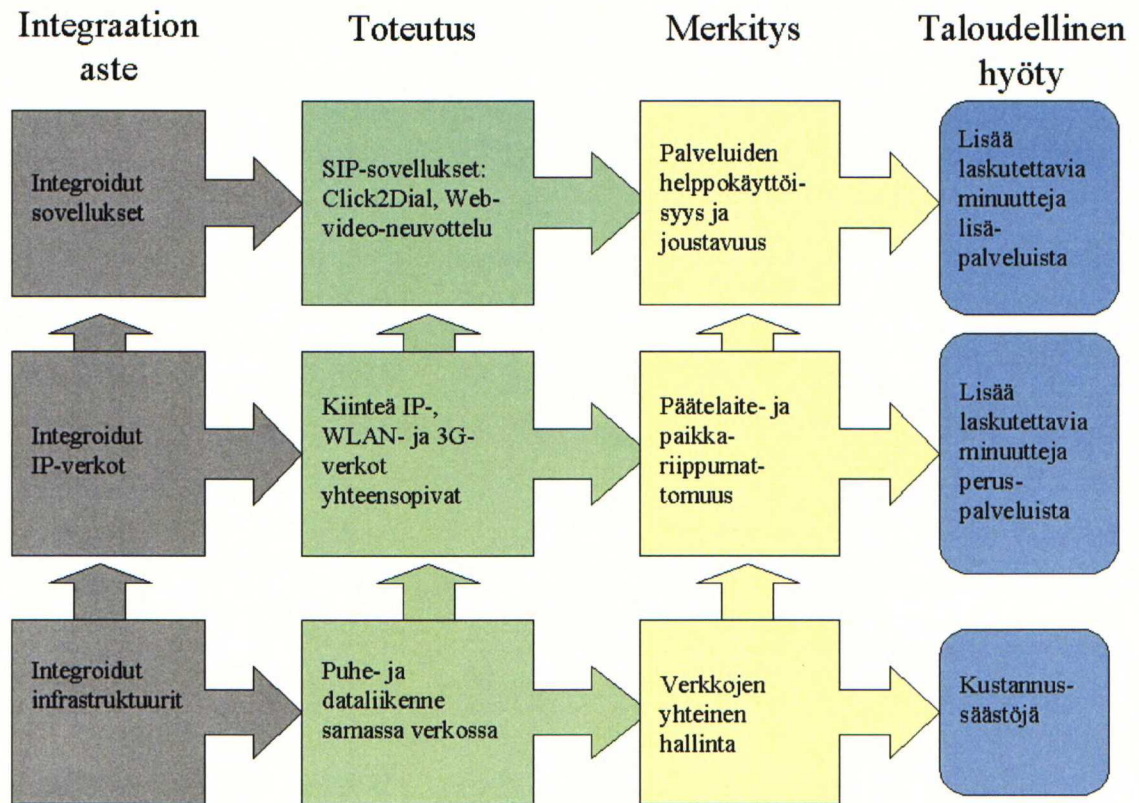
3.5 IP-pohjaisen puheen edut

Perinteinen puhelintekniikka on perustunut suurelta osin laitteistoihin, kun taas VoIP:n perustana on ohjelmistopohjaisuus. Tämä ohjelmistopohjaisuus mahdollistaa joustavan uusien ominaisuuksien kehityksen. Ohjelmistopohjaisten palveluiden kehitys ja käyttöönotto ovat nopeuden lisäksi edullisempia kuin rautaan perustuvien palveluiden. Uusi VoIP-ominaisuus voidaan tehdä pienellä ohjelmalla välityspalvelimella, kun taas perinteisessä puhelinverkossa tarvitaan yleensä jopa laitteistomuutoksia puhelinkeskuksiin.

VoIP:n myötä puhe- ja dataliikenne siirtyvät samaan, integroituun infrastruktuuriin. Asioiden yhteyttä on esitetty kuvassa 3-2. Tämän yhteisen infrastruktuurin yhteinen hallinta tuo kustannussäästöjä verrattuna useaan erilliseen hallintaan. Tämä integraatio ei yleensä näy asiakkaalle mahdollisia halvempia hintoja lukuun ottamatta.

⁴³ Templeton, Brad, *Voice inside*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

⁴⁴ Isomäki, Markus, *Peer-to-Peer Communication Services in the Internet*, Peer to Peer and SPAM in the Internet –lisensiaattityöseminaari 2003



Kuva 3-2 VoIP:n etuja

Integraation myötä kiinteä IP-verkko ja 3G-verkko sulautuvat yhä tiukemmin yhteen, esimerkiksi matkapuhelimet joilla on mahdollista soittaa niin 3G- kuin WLAN-puheluitakin. Tämä integraatio tuo asiakkaalle päätelaite- ja paikkariippumattomuutta, joten palvelut ovat yhä useammin käytettävissä. Operaattorin kannalta tämä merkitsee lisääntyvää palvelun käyttöä ja lisää laskutettavia minuutteja.

Infrastruktuurin integraation myötä myös sovellusten integraatio helpottuu. Esimerkkinä tällaisista sovelluksista on SIP-sovellukset, joissa käytetään WWW-sivua puhelun käynnistämiseen kuten click2dial- ja WWW-videoneuvottelu-palveluissa. Asiakas kokee integraation hyödyn palveluiden helppokäyttöisyytenä ja joustavuutena, sillä tekniikka ei aseta enää niin suuria rajoitteita kuin aikaisemmin. Operaattorille tämä kehitys tarkoittaa lisää laskutettavia minuutteja erilaisista lisäpalveluista.

3.6 Regulaatio

Palveluiden tarjoamiseen vaikuttaa niihin kohdistuva regulaatio: erityisesti VoIP-palveluiden kohdalla on pitkään ollut kiivasta keskustelua reguloinnin eduista ja haitoista. Vanhan viestintämarkkinalain aikaan oli voimassa tulkinta, jonka mukaan VoIP-liikenne katsotaan data-liikenteeksi. Tämän perusteella operaattoreiden oli mahdollista toteuttaa VoIP-palveluita melko vapaasti, ilman puhelinverkkoa koskevaa sääntelyä.

Uusi viestintämarkkinalaki (393/2003) astui voimaan 25.7.2003, ja sen mukaan regulaatio on tekniikasta riippumatonta. Viestintäviraston tulkinnan mukaan VoIP-palvelut ovat täten verrattavissa perinteisen lankaverkon tarjoamaan puheluun, etenkin mikäli VoIP- ja PSTN-verkkojen välillä voidaan soittaa puheluita. Tämän seurauksena Suomessa kaikkien VoIP-palveluiden on täytettävä lankaverkon regulaation edellyttämät palvelut, kuten esimerkiksi puheluiden estolistat ja mahdollisuus viranomaisvalvontaan. Muissa maissa VoIP:n regulaatio on ollut varsin vaihtelevaa, selkeää kansainvälistä linjaa ei ole.

Viestintäviraston tulkinnan myötä on VoIP-numerot otettava huomioon lankaverkon numeroiden siirrettävyyden toteutuksessa. Lankaverkon puhelinnumeroiden siirrettävyys VoIP-verkon puolelle tullee kiihdyttämään huomattavasti puheluiden siirtymistä IP-verkkoon.

Viestintävirasto on mukana kehittämässä Internet-puhelinnumerointia. ENUM on IETF:n määrittelemä teknologia (RFC 2916), jossa E.164-numeroista muodostetaan Internetin nimi-palvelinjärjestelmän mukainen domain-nimi. Esimerkiksi puhelinnumeroa +358 9 6966 634 vastaava ENUM-nimi on 4.3.6.6.6.9.6.9.8.5.3.e164.arpa. Saadun ENUM-nimen avulla voidaan osoittaa useita kyseiseen E.164-numeroon liittyviä viestintäpalveluita, kuten Internet-puhelinta tai sähköpostia.⁴⁵

⁴⁵ *Kansallisen ENUM-pilotin yleiskuvaus*, Viestintävirasto 2003

4 Mahdollisia SIP-sovelluksia

Seuraavaksi tarkastellaan erilaisia SIP-sovelluksia. Useat tässä kappaleessa esitytetyt sovellukset olisi mahdollista toteuttaa myös jollain muulla tekniikalla tai protokollalla kuin SIP:llä. Näillä muilla ratkaisuilla voidaan usein toteuttaa aivan vastaava palvelu kuin SIP:lläkin, eikä palvelun loppukäyttäjää yleensä edes tiedä, mikä on pohjalla oleva tekninen ratkaisu.

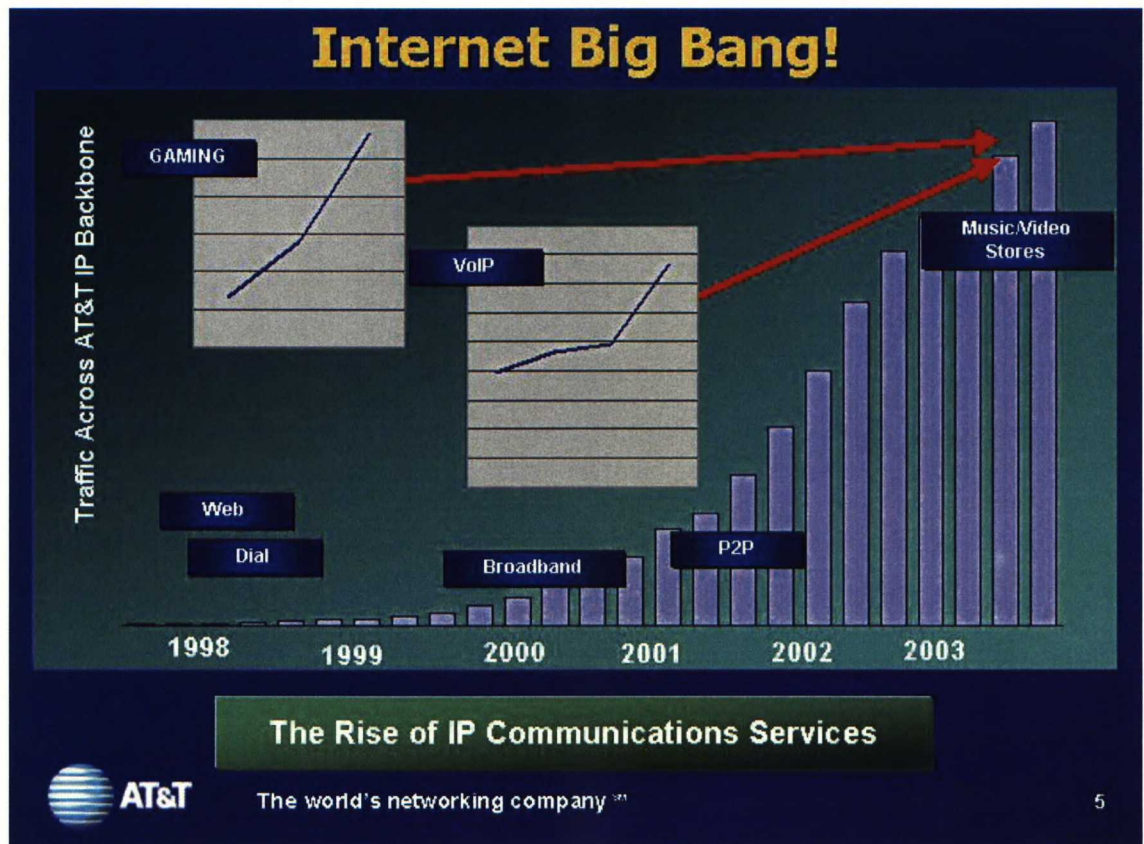
SIP mahdollistaa puheluominaisuuden integroinnin muihin sovelluksiin tavalla, joka perinteisellä tekniikalla olisi ollut vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. HTTP-pohjaisuutensa ansiosta SIP-sovelluksien kehittäminen on huomattavasti joustavampaa kuin palveluiden luonti perinteisellä puhelintekniikalla, joten uusia palveluita on mahdollista tuoda markkinoille myös kokeilumielessä. Seuraavissa kappaleissa on esitelty muutamia SIP-integraatiomahdollisuuksia.

4.1 Puhelu osana ohjelmaa

4.1.1 Verkkopeli

SIP:iä voidaan käyttää verkkopelin käynnistykseen, protokollan INVITE-viestillä on mahdollista muodostaa peliyhteys yhtä hyvin kuin puheyhteyskin. Nämä yhteydet voidaan käynnistää yhtäaikaaisesti, jolloin tuloksena on puheyhteys verkkopelaajien välillä. Useissa peleissä pelaajat muodostavat ryhmiä, joiden jäsenten välinen kommunikaatio, kuten puheyhteys, on tärkeää. Pohjois-Amerikkalaisen teleoperaattori AT&T:n ennusteen mukaan IP-verkon liikenteestä yhä kasvava määrä on peli- ja VoIP-paketteja kuten kuvassa 4-1 on esitetty⁴⁶.

⁴⁶ Eslambolchi, Hossein, *VoIP – From Concept to Reality*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi



Kuva 4-1 Internet-liikenteen kehitys⁴⁷

Verkkoyhteydelliset konsolipelit ovat valtaamassa pelimarkkinoita. Nämä pelit tarjoavat uusia näkymiä edistyneille kommunikaatiopalveluille. Pelien aikaisen kommunikaation lisäksi pelaajat voivat hyötyä myös muista tekniikan mahdollistamista lisäpalveluista. Esimerkiksi äänen tunnistus, äänikomennot, tekstiviestit, läsnäolotieto ja automaattinen listasijoitus ovat avainasemassa, kun houkutellaan uusia pelaajia käyttämään konsolipelipalveluita. SIP-pohjaiset palvelut, äänentunnistus ja äänikomennot ovat tulevaisuudessa tärkeitä, kun tarjotaan kilpailukykyisiä ja viihdyttäviä verkkopelikokemuksia.⁴⁸

4.1.2 Sähköposti

Sähköposti on lähes reaaliaikaista viestintää pienestä viiveestä huolimatta. Käytännössä sähköpostin lähettäjä on edelleen tietokoneen ääressä, kun vastaanottaja saa sähköpostin. Usein

⁴⁷ Eslambolchi, Hossein, *VoIP – From Concept to Reality*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

⁴⁸ *Online Console Games Market Requires Speech and SIP*, The Zelos Groupin markkinatutkimus 2003

sähköposti aiheuttaa tarpeen vastata viestiin tai muutoin ottaa yhteyden sen lähettäjään. Tämän vuoksi sähköpostiin integroitu puheominaisuus on yksi SIP:n mahdollisuuksista, jonka ohjelmistovalmistajat ovat ottaneet valikoimaansa. Esimerkkinä integroidusta ratkaisusta ovat laitevalmistaja Siemensin Openscape⁴⁹ ja ohjelmisto-valmistaja Microsoftin MS Office 2003⁵⁰. Näissä ohjelmistoissa on toiminto, jonka avulla voidaan hetkessä muodostaa puheyhteys kyseiselle henkilölle.

4.1.3 WWW-pohjainen puhelun aloitus

Yksi suosituimpia VoIP:n sovelluksia on WWW-sivulle upotettu toiminnallisuus puhelun käynnistykseen. Tämä niin sanottu ”klikkaa ja puhu” (Click2Dial, Click2Talk, Click-to-Dial) toiminto yhdistää puhelun kahden päätepisteen välille.

Click2dial mahdollistaa elektronisten kauppojen asiakkaille vaivattoman yhteydenoton myyjään. Klikkaamalla verkkokaupan sivustolla olevaa linkkiä muodostuu puheluyhteys asiakkaan ja myyjän välillä, ja he voivat yhtä aikaa käydä läpi samoja sivuja. Asiakas saa vastaukset avoimiin kysymyksiin reaaliajassa.

Palveluntarjoaja voi markkinoida Click2dialia kuten ilmaisiasiakaspalveluita, jolloin myyjä-osapuoli maksaa puhelun. Ilmaispalvelu laskee asiakkaan kynnystä soittaa epäselvissä tilanteissa. Asian selvittyä on suurempi todennäköisyys kaupan syntymiselle.⁵¹ Elektronisten kauppojen lisäksi myös erilaiset asiakaspalvelut voivat hyödyntää WWW-sivustoilta tapahtuvia soitonkäynnistyksiä.

Chat eli verkkojuttelu on internetissä toimiva reaaliaikainen keskustelukanava. Chatin keskustelukanava löytyy verkon WWW-sivuilta eikä erillistä ohjelmaa tarvita. Chat on perinteisesti ollut tekstimuotoinen, mutta VoIP:n avulla voidaan toteuttaa keskustelukanava, jossa voi lisätä keskusteluun äänen tai jopa videokuvan yhdellä klikkauksella.

⁴⁹ Siemensin WWW-sivut, www.siemens.fi, viitattu 2.2.2005

⁵⁰ Microsoftin WWW-sivut, www.microsoft.com, viitattu 2.2.2005

⁵¹ Ciscon WWW-sivut, *Click-toDial*,

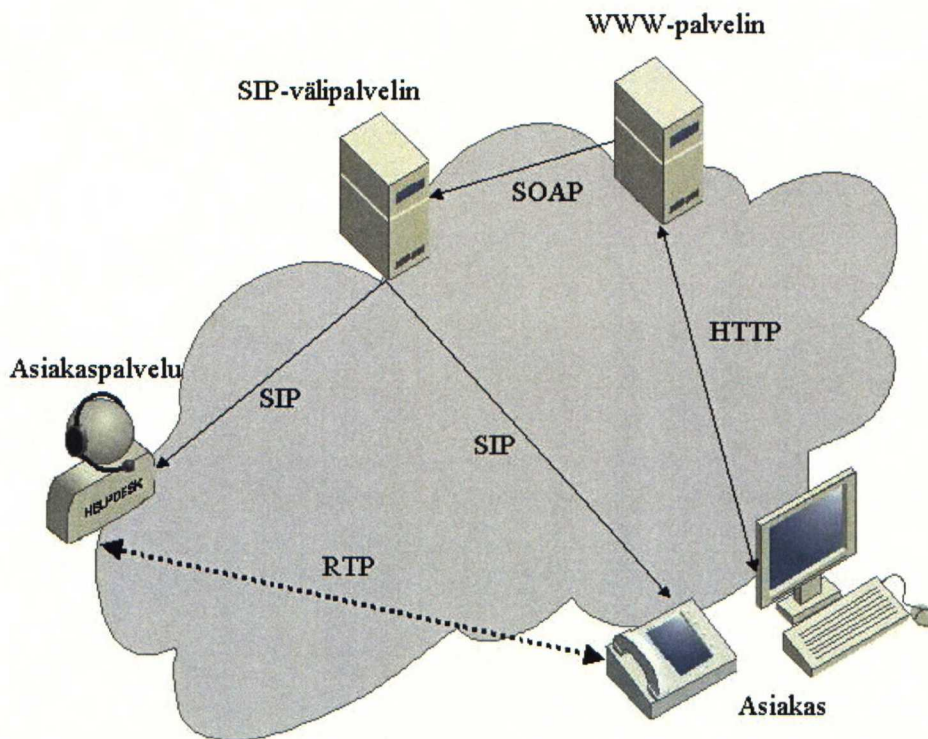
<http://www.cisco.com/warp/public/779/servpro/services/packtelephony/clicktodial.html>, viitattu 2.2.2005

4.1.4 Toteutus

Puhelun käynnistys ohjelmasta on melko samanlainen oli kyseessä oleva ohjelma sitten sähköposti, peli tai WWW-sivu. Tässä käydään läpi puhelun aloitus WWW-sivulta.

Click2Dial-ominaisuuden toteutus on teknisesti varsin yksinkertaista, jos käytettävissä on SIP-välipalvelin puheluiden käynnistystä ja WWW-palvelin WWW-sivuston toteutusta varten. Jos puhelun päätepisteistä toinen tai molemmat on lanka- tai matkapuhelinverkossa, tarvitaan lisäksi yhdyskäytävä tämän ja IP-verkon välille.

Kuvassa 4-2 on esitetty tapaus, jossa asiakas selailee WWW-palvelimella olevaa sivua HTTP:n avulla. Halutessaan ottaa yhteyttä sivuston tarjoamaan asiakaspalveluun, asiakas klikkaa Click2Dial-painiketta. WWW-palvelin lähettää tiedon SIP-palvelimelle esimerkiksi SOAP:n (Simple Object Access Protocol) avulla. SOAP mahdollistaa erilaisten hienostuneiden verkkopalveluiden luomisen, jotka voidaan SIP:n avulla tuoda erilaisiin integroituihin kommunikointi-sovelluksiin. SIP-palvelin lähettää INVITE-viestin molempiin päätepisteisiin eli asiakkaan ja asiakaspalvelun päätelaitteisiin. Tämän jälkeen liikenne on päätepisteiden välistä puheliikennettä, joka kuljetetaan RTP:n päällä.



Kuva 4-2 Click2Dial-sovelluksen toteutus

4.2 WWW-pohjainen videoneuvottelu

Videoneuvottelut ovat perinteisesti olleet kalliita toteuttaa, joten ne ovat rajoittuneet vain yritys-käyttöön. IP-pohjaisella tekniikalla videoneuvotteluun tarvitaan vain PC ja siihen liitettävä WWW-kamera. Erillistä yhteyttä ei tarvita, vaan kaikki liikenne tapahtuu Internet-yhteyden avulla.

Hyvin suunnitelluissa sivustoissa neuvottelun käynnistys on huomattavasti helpompaa ja joustavampaa kuin perinteisin keinoin. Lisäksi WWW-pohjaisuus ja SIP tuovat uusia mahdollisuuksia puhelin- ja videoneuvotteluihin, kun neuvotteluominaisuus integroidaan muihin sovelluksiin. Esimerkiksi kalenterin kanssa integroidun neuvottelunaloituksen avulla neuvottelun käynnistys tapahtuu ennalta määritellyillä parametreille, kuten tiettyyn aikaan ja tietyille henkilöille.

Muita IP-pohjaisen neuvottelun etuja ovat seuraavat: päätelaitteita voi olla samassa neuvottelussa hyvinkin erilaisia, osallistujien käytössä oleva kaistanleveys saattaa vaihdella, neuvotteluiden henkilömäärä voidaan vaihdella kesken neuvottelun, ja pelkkää ääntä käyttävän puheluneuvottelun voi vaihtaa videoneuvotteluksi. Myös tiedostojen jako ja läsnäolopalvelu ovat hyödyllisiä yhdistettyinä neuvotteluihin.

Etäopetus on mahdollista järjestää joustavasti ja edullisesti SIP-neuvotteluiden avulla, sillä niin sanotut virtuaaliset luokkahuoneet ovat helposti toteutettavissa. Lisäksi erityisryhmille, kuten kuulorajoitteisille, on luotavissa omat neuvottelusovelluksensa.⁵²

WWW-puhelinneuvottelun toteutusta varten tarvitaan samat verkkoelementit kuin Click2Dial-sovellukseenkin sekä palvelin, jolla suoritetaan itse neuvottelu. Neuvottelupalvelin mahdollistaa useamman päätelaitteen yhteisen neuvottelun. Erillisiä neuvotteluita, joissa jokaisessa on yksi tai useampi osallistuja, voi olla useita samanaikaisesti. Koska kaikkea neuvottelussa liikkuvaa dataa ei voi eikä kannata lähettää jokaiselle neuvotteluun osallistujalle, valitsee palvelin tulevista mediavirroista tarpeellisen ja lähettää vain prosessoidun virran vastaanottajille.

⁵² Johnston, A., Sinnreich, H., *SIP Tutorial, Introduction to SIP*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

4.3 Ratkaisu puhelinpalveluyritykselle

Puhelinpalvelukeskus (call center) on yleisnimi mille tahansa työpisteelle, missä käsitellään paljon puheluita. Call center voi olla pääosin puhelimeen vastaava (inbound) tai itse soittava (outbound) tai näiden kahden yhdistelmä (call blending).

Yhteyskeskus (contact center) voi olla sekä inbound- että outbound-puhelinpalvelukeskus. Oleellista on kuitenkin se, että yhteyskeskus hallitsee kaikki kommunikaatiokanavat. Asiakas valitsee itse, käyttääkö hän puhelinta, Internetiä, sähköpostia tai mobiilia päätelaitetta. Yhteyskeskus voi vastata asiakkaalle puhelimitse, sähköpostilla, tekstiviestillä tai vaikka käyttäen lähettipalvelua. Yhteyskeskus on monessa tapauksessa älykäs, ja sillä on käytössään yrityksen osaaminen tietokannassa.⁵³

Puhelinpalvelukeskuksilla on tarve käsitellä ja jakaa puhelut eri asiakkaiden kesken tehokkaasti. Jakomenetelmien on oltava tarpeeksi älykkäitä reitittääkseen puhelut vastauspisteisiin, joissa on asiaan sopivia henkilöitä. Varauskeskukset, matkailuyritykset ja viranomaislaitokset tarvitsevat kaikki keskustyyppisiä palveluita. Yleisimpiä toteutuksia perinteisissä puhelinpalvelukeskuksissa ovat automaattinen puheluluiden jako (ACD, Automatic Call Distribution) sekä puhelinkeskuksen ja tietokoneen sovellusrajapinta (SCAI, Switch-Computer Applications Interface)⁵⁴.

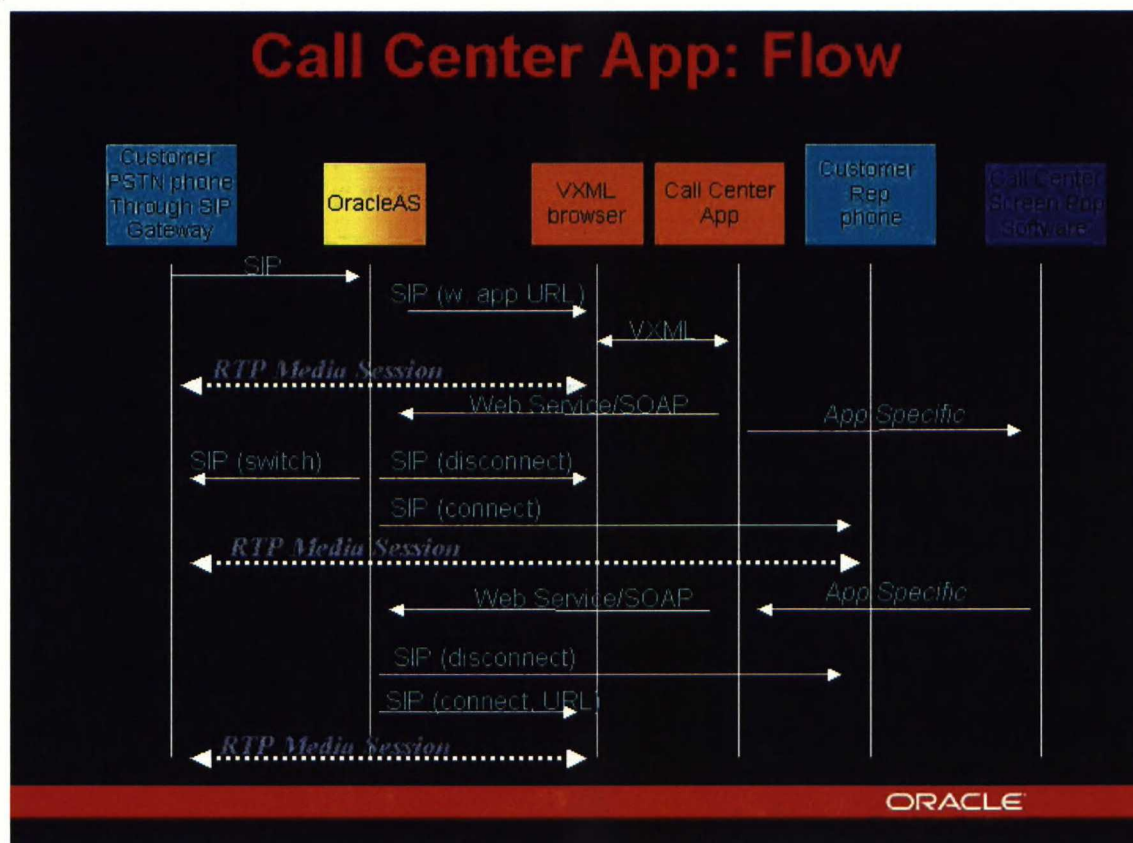
ACD reitittää tehokkaasti tulevat puhelut moniin eri vastauspaikkoihin. Puhelinpalvelukeskukset voivat ACD:n avulla seurata käyttötapoja kuten liikennettä ja asiamiesten tehokkuutta. ACD-järjestelmissä on monia erityispiirteitä, kuten asiakaspuhelujen jonotus, vastaus saapumisjärjestyksessä ja asiamiesreititys, joka perustuu kaikkein vapaimman asiamiehen valintaan.

SCAI:n avulla palveluntarjoajien puhelinkeskukset voivat kommunikoida puhelinpalvelukeskuksen tietokoneen kanssa puhelun sopivasta reitityksestä ja käsittelystä. SCAI-menetelmässä puhelinpalvelukeskuksen tietokoneet tallentavat ja koordinoivat tulevia ja lähteviä puheluita ja tarjoavat puhelinkeskuksen toimintoja sopivilla reititystiedoilla.

Näiden edellä mainittujen toteutusten lisäksi IP-pohjaiset järjestelmät tarjoavat uusia toimintoja puhelinpalveluyrityksille. Esimerkiksi WWW-hallintasivuston integroinnit puhelinkeskukseen

⁵³ Blue Book WWW-sivut, *Puhelinpalvelusanasto*,
http://www.opas.net/suora/b_04_puhelinpalvelusanasto.htm, viitattu 2.2.2005

mahdollistavat puheluiden statistiikan seuraamiseen ja puheluiden aloituksen haluttua numeroa klikkaamalla. Esimerkki puhelinpalvelukeskuksen viesteistä yhteyden muodostamiseksi on esitetty kuvassa 4-3.



Kuva 4-3 Puhelinpalvelukeskuksen viestejä⁵⁵

⁵⁴ Davidson, Peters, *Voice over IP*, IT Press 2002

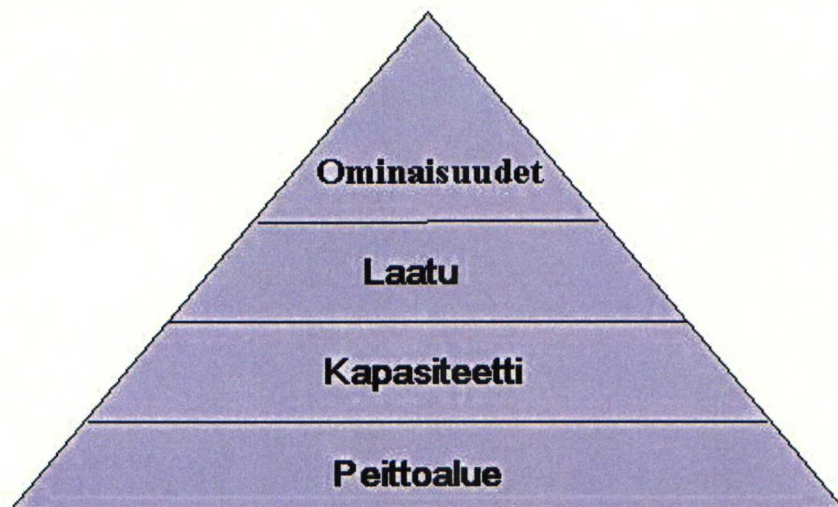
⁵⁵ Oracle, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

5 Mikä tekee sovelluksesta houkuttelevan

Tässä kappaleessa tarkastellaan seikkoja, jotka tekevät sovelluksesta kiinnostavan niin käyttäjän kuin palvelun tarjoajankin kannalta. Tämän ja aikaisemmissa kappaleissa selvitettyjen mahdollisuuksien avulla valitaan yksi sovellus kannattavuusanalysointia varten.

5.1 Palvelun vaatimukset

Palvelulla täytyy olla tietyt edellytykset, jotta siitä voi tulla menestyvä. Hämmäisen mukaan operaattoripalveluiden ”Maslowin hierarkia” kuvaa uusien palveluiden kehittymistä. Tämä hierarkia pätee sekä Internet- että matkapuhelinpalveluille, joten sovellan sitä myös VoIP-palvelulle. Hierarkia on esitetty kuvassa 5-1.⁵⁶



Kuva 5-1 Operaattoripalveluiden tarvehierarkia⁵⁷

Hierarkiassa alemman tason toiminnon täytyy olla kunnossa, jotta voidaan keskittyä seuraavaan. Jos jokin alemmista tasoista on heikosti hoidettu, ei seuraavan tason toteutus ole tehtävissä optimaalisella tavalla. Tässä työssä keskitytään sovelluksiin ja niiden ominaisuuksiin, mutta myös hierarkian alemmat tasot on otettava huomioon.

⁵⁶ Hämmäinen, Heikki, *Operators, Networking Business* -kurssin luentokalvo 2004

⁵⁷ Hämmäinen, Heikki, *Operators, Networking Business* -kurssin luentokalvo 2004

5.1.1 *Peittoalue*

Palvelun peittoalueen tulee olla riittävä kannattavan palvelun tuottamiseksi ja asiakkaiden palvelemiseksi. Laajan peittoalueen avulla on potentiaalisten asiakkaiden määrä suurempi kuin pienemmällä peittoalueella. SIP-palvelun peittoalue on käytännössä koko Internetin peittoalue, sillä verkon yli tarjottava palvelu on teknisesti kaikkien Internet-käyttäjien ulottuvilla. Onkin SIP-palvelun tarjoajasta kiinni, mille kohderyhmälle se palvelun Internetin ylitse tarjoaa. Operaattori ei kuitenkaan voi taata palvelunlaatua kuin sen omassa verkossa, koska muiden verkko-operaattoreiden verkossa palvelun liikennettä ei yleensä voida priorisoida.

5.1.2 *Kapasiteetti*

Kapasiteetin tarpeeseen vaikuttaa asiakkaiden ja heidän tuottamansa liikenteen määrä. Kapasiteetti SIP-palvelimille on laskettava SIP-viestien määrän mukaan, sillä vain viestit käyttävät palvelimen kapasiteettia. Itse puheliikenne kulkee suoraan päätepisteiden välillä. Verkon kapasiteetti on laajakaistaverkossa yleensä riittävä SIP-puheluita varten. Ruuhkatilanteiden varalta on kuitenkin syytä varmistaa puheliikenteeseen käytetyille paketeille etuoikeutus muihin samaa yhteyttä käyttäviin paketteihin nähden. Yhdyskäytävien kapasiteetti pitää laskea ennustettujen liikennemäärien mukaan. Tätä varten on olemassa lukuisia työkaluja.

5.1.3 *Laatu*

Palvelun laadun yhteydessä käytetään usein termejä QoS, GoS (Grade of Service) ja CoS (Class of Service). QoS ja GoS tarkoittavat molemmat palvelun laatua, mutta QoS on näistä laajempi termi. CoS eli palveluluokka tarkoittaa liikenteen jakamista erilaisiin luokkiin, joille tarjotaan erilaista palvelunlaatua.

GoS tarkoittaa palvelun laatua käyttäjän näkökulmasta eli sitä millaisena käyttäjä kokee palvelun laadun. Käyttäjän kokemaan palvelun laatuun kuuluu myös yhteyksillä mahdollisesti esiintyvä esto.⁵⁸

QoS tarkoittaa palvelun laatua jo muodostetulla yhteydellä. QoS:ssä tarkastellaan palvelun laatua käyttäjän, sovelluksen ja verkon näkökulmasta. Käyttäjää kiinnostavia asioita ovat esimerkiksi yhteyden häiriöttömyys, äänen tai kuvan laatu ja yhteyden tasalaatuisuus. Sovelluksen kannalta palvelun laadussa on tärkeää että datasiirto on niin sujuvaa ja virheetöntä,

että sovellus pystyy toimimaan. Verkon kannalta palvelun laatua tarkasteltaessa tärkeitä asioita ovat esimerkiksi pakettien viive, viiveen vaihtelu, pakettihukka ja verkon läpäisy.⁵⁹

Eri palveluiden laatuvaatimukset eroavat merkittävästi toisistaan. Esimerkiksi sähköpostissa jokaisen bitin on mentävä oikein perille ja hukkuneet paketit on lähetettävä uudelleen, mutta toisaalta sähköpostin siirrossa IP-pakettien viiveellä ei ole suurta merkitystä. Reaaliaikaisissa palveluissa ei puolestaan ole kovin kriittistä, vaikka joitakin paketteja häviäisi matkalla. Reaaliaikaisillakin sovelluksilla on erilaisia palvelun laatuvaatimuksia. Laatuvaatimuksiin vaikuttaa eniten se, onko sovelluksessa tarkoituksena molempien osapuolien kommunikoida keskenään vai lähettääkö toinen vain dataa toiselle. Esimerkiksi VoIP-puhelussa viive ja viiveen vaihtelu ovat erittäin kriittisiä tekijöitä, kun taas ei-interaktiivisissa palveluissa viive on vähemmän kriittinen tekijä. Esimerkiksi radiokanavan kuuntelija voi saada palvelun useidenkin sekuntien viiveellä ilman, että viive haittaa vastaanottajaa.⁶⁰

Reaaliaikapalveluista VoIP-puheluilla ja videoneuvotteluilla on kaikkein tiukimmat palvelun laatuvaatimukset. Puhelun laatu jaetaan kahteen osaan, eli puhelun muodostamisen laatuun ja puhelun laatuun. Puhelun muodostamisen laatu koostuu pääasiassa puhelunmuodostusviiveestä. Puhelun laatu koostuu puheen viiveestä ja viiveen vaihtelusta sekä äänen laadusta.⁶¹

Jos viive on yhteen suuntaan alle 100 ms, on kommunikointi helppoa. 100-250 ms:n viive on vielä siedettävää ja 400 ms:n jälkeen puhutaan jo puoli-duplex yhteydestä, jolloin kommunikointi ei enää ole kaksisuuntaista. ITU-T suositaa, että viive yhteen suuntaan olisi enintään 150 ms. Suurella viiveellä kommunikointi on hankalaa, sillä ensimmäinen puhuja ei saa minkäänlaista vastausta puheeseensa tarpeeksi ajoissa ja aloittaa uudestaan. Tämän jälkeen toisen puhe keskeyttää hänet, mikä aiheuttaa epämukavuutta kommunikoinnissa ja vähentää palvelun käyttöä.

Tiukkojen viivevaatimusten lisäksi puhelu pitää välittää luotettavasti ja puhelun käytössä on oltava riittävä siirtokaista. Pakettihukan olisi pysyttävä pienenä, edistyneilläkin koodekeilla

⁵⁸ Hares, Teemu, *Palvelun laatu mobiilissa Internetissä*, Tietoverkkotekniikan Mobiili Internet -seminaari 2002

⁵⁹ Hares, Teemu, *Palvelun laatu mobiilissa Internetissä*, Tietoverkkotekniikan Mobiili Internet -seminaari 2002

⁶⁰ MITA - *Mobile Internet Technical Architecture*, IT Press 2001

⁶¹ *Mobile IPv6 – Mobility Support for the Next Generation Internet*, IABG 2000

mieluiten korkeintaan muutamassa prosentissa. Verkko, laitteisto, ohjelmat päätelaitteissa ja puhekoodekit vaikuttavat äänen laatuun ja siihen, kuinka suuri pakettihukka on hyväksyttävää.

5.1.4 Ominaisuudet

Hyvän peittoalueen, tarpeeksi suuren kapasiteetin ja hyvän laadun avulla on mahdollista tuottaa palveluita. Näiden edellä lueteltujen palvelun edellytysten jälkeen on palvelussa merkittävä rooli sen ominaisuuksilla. Seuraavaksi pohditaan asiakkaalle tarpeellisia SIP-palvelun ominaisuuksia.

5.2 Käyttäjää kiinnostava sovellus

SIP tarjoaa uusia mahdollisuuksia käyttäjien väliseen kommunikaatioon, ja sen avulla puhelukulttuuri muuntuu ja integroituu muun viestinnän kanssa. Multimedia laajentaa puhetapahtumaa esimerkiksi videokuvan avulla. Myös muiden sovellusten yhdistämisellä voidaan parantaa viestintäkokemusta. Seuraavaksi tarkastellaan asioita, jotka ovat käyttäjän kannalta tärkeitä SIP-sovelluksissa.

5.2.1 Käyttäjän toimintaympäristö

Nykyään ihmisillä on useita erillisiä kommunikointivälineitä ja -sovelluksia. Laitteina voivat olla eri puhelimet niin työ-, koti- kuin mobiilikäyttöönkin ja näihin vastaavasti omat numeronsa. Puhelimen lisäksi kommunikointiin käytetään usein myös PC:tä tai faksia. On odotettavissa, että laitteiden ja liittymien määrä kasvaa edelleen, joten jatkossa usean laitteen hallinta on ihmisten arkipäivää.

Puheluiden ohella kommunikaatiosovelluksia ovat yhä useammin myös esimerkiksi sähköposti, teksti- tai pikaviesti, puhelinvastaaja tai WWW-sivusto. Näitä sovelluksia käytetään monilla eri laitteilla ja mahdollisuuksien mukaan joko langallisen tai langattoman yhteyden avulla. Palvelun käytettävyyttä useilla eri päätelaitteilla pyritään pitämään oletusarvona. Tämä onkin jo melko hyvin toteutunut esimerkiksi sähköpostin osalta.

Useiden laitteiden ja sovellusten lisäksi ihmisillä on käytössä useita yhteydenotto-osoitteita, kuten esimerkiksi omat puhelinnumerot töihin, matkapuhelimeen ja kotiin sekä henkilökohtaiset ja työsähköpostiosoitteet. Nämä yhteydenotto-osoitteet ovat perinteisesti olleet hyvinkin laitteita yhteysriippuvaisia, mutta uuden teknologian myötä tämä sidos ei enää ole itsestäänselvyys.

Tietoliikennetekniikan kehityksen myötä ihmisillä on tiettyjä odotuksia, kuten että on mahdollista tavoittaa tietty henkilö paikasta ja kellonajasta riippumatta. Työn ja vapaa-ajan raja ei ole yhtä selvä kuin aiemmin, ja tavoittelijalla on kontrolli yhteydenottoon. Esimerkiksi lankapuhelimen soidessa tavoittelija on jo mahdollisesti häirinnyt toista henkilöä väärällä hetkellä, vaikkei tämä puhelimeen edes vastaisi. Toisaalta on turhauttavaa tavoitella henkilöä väärällä tavalla, vaikka tavoittelijan on lähes mahdotonta tietää pitäisikö hänen lähestyä kyseistä henkilöä puhelimitse, sähköpostitse vai kenties sähköpostilla kyseisellä hetkellä.

5.2.2 SIP:n tuoma lisäarvo toimintaympäristön hallitsemiseksi

Kommunikoinnin monimuotoisuuden ratkaisemiseksi olisi tarjottava palveluita, jotka parantavat ihmisten tavoitettavuutta ja saatavuutta. Tavoitettavuudella tarkoitetaan sitä kenet halutaan ja milloin, millä numerolla, nimellä, paikalla ja roolilla tavoittaa. Saatavuuden ideana on mahdollistaa yksinkertainen tavoitettavuus, mutta samalla kontrolloida milloin ja kenen kanssa yhteydentavoittelija pääsee yhteyteen.

Palveluiden personointi auttaa käyttäjää hallitsemaan tulevien yhteydenottojen määrää. Dynaamisella puheluiden hallinnalla mahdollistetaan esimerkiksi puheluiden lajittelu ja suodatus, henkilökohtaiset tervehdykset ja ohjaus omalle WWW-sivulle, jonne voi jättää tervehdyksen. Henkilökohtainen puheenhallinta on mahdollista toteuttaa esimerkiksi yhdistämällä henkilökohtaiseen osoitekirjaan ”klikkaa ja puhu” -mahdollisuus. Lisää tietoa yhteydenoton luonteesta antaa esimerkiksi soittajan kuva tai tieto mitä asiaa yhteydenotto koskee. Myös puheluiden lokit ja äänitys ovat helposti toteuttavissa, ja ne saattavat olla hyödyllisiä tietyissä tilanteissa.

Yhdistettyyn kommunikointiin tulisi Kurganovin⁶² mukaan sisältyä muun muassa kalenteri, osoitekirja, läsnäolotieto ja erilaiset viestit. Käyttöliittymän tulee olla intuitiivinen ja johdonmukainen. Yksi numero ja yksi lasku kuuluvat niin ikään yhdistetyn kommunikoinnin etuihin. Helppokäyttöisyys on nykytekniikalla ja integroiduilla sovelluksilla helpommin toteutettavissa kuin perinteisillä järjestelmillä. On huomioitava, että tietyn palvelun lisäarvo ei ole kaikille käyttäjäsegmenteille sama, vaan on pyrittävä löytämään kullekin segmentille sen tärkeänä pitämät seikat ja tarjottava näihin ratkaisuja.

⁶² Kurganov, Alex, *Evolution Of Collaboration And conferencing Services*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

5.2.3 Käytettävyys

Uusien palveluiden käyttöönotossa on kiinnitettävä erityistä huomiota käytettävyyteen. Palvelun käyttäminen on miellyttävää silloin, kun käyttö sujuu helposti. Kun palvelun käyttö on miellyttävää, sitä käytetään enemmän. Mitä enemmän käyttöä ja tyytyväisiä asiakkaita on, sitä kannattavampi on myös palvelu. Palvelun käyttö on sujuvaa, kun se suunnitellaan hyvin ja käyttäjät otetaan tarpeeksi varhaisessa vaiheessa mukaan suunnitteluun.

Käytettävyys on tuotteen laatuominaisuus, jolla kuvataan kuinka helppoa ja tehokasta tuotetta on käyttää. Koska käytettävyys on melko abstrakti ominaisuus, sitä on purettu konkreettisemmiksi osakokonaisuuksiksi, jotka voivat kaikki tai osittain toteutua tuotteessa. ISO 9241-11 -standardin mukaan käytettävyys on mittari, jolla mitataan tuotteen käytön tuottavuutta, tehokkuutta ja miellyttävyyttä⁶³. Näitä arvioidaan aina suhteessa käyttäjiin sekä työhön ja käyttöympäristöön, joille ja joihin tuote on tarkoitettu. Tuottavuus tarkoittaa sitä, että tehtävät tulevat tehdyksi täydellisesti ja virheettömästi. Tehokkuus mittaa sitä, paljonko resursseja tuotteen käytössä tarvitaan henkilöinä, rahana ja aikana. Miellyttävyys kertoo, kuinka miellyttävä tuotetta on käyttäjien mielestä käyttää. Muita käytettävyyteen liitettyjä ominaisuuksia ovat muun muassa johdonmukaisuus, hallittavuus, tehtäviin sopiva esitystapa, muistettavien asioiden pieni määrä ja joustavuus. Nämä ominaisuudet ovat kaikki johdettavissa kuitenkin tehokkuudesta, tuottavuudesta ja miellyttävyydestä, kuten WWW-käytettävyyden tuntija Jakob Nielseninkin määrittelemät käytettävyysominaisuudet. Käytännössä kaikkein tärkeimmät ja käytetyimmät käytettävyysmuuttujat ovat tuotteen käytön intuitiivisuus, käytön tehokkuus ja virheettömyys. Tehokkuuden käsite kattaa myös intuitiivisuuden.⁶⁴

Usein käytettävyysongelma johtuu siitä, että toimintoja on liikaa tai ne ovat käyttötilanteeseen nähden vääriä. Suunnittelun aikana ei ole otettu huomioon sitä, kuinka paljon kuluttajalle on haittaa kaikista niistä ominaisuuksista, joita hän ei oikeasti tarvitse. Erityisesti IP-pohjaisissa palveluissa on tämä vaara, sillä uusien toimintojen tekeminen ja lisääminen on varsin vaivatonta.⁶⁵

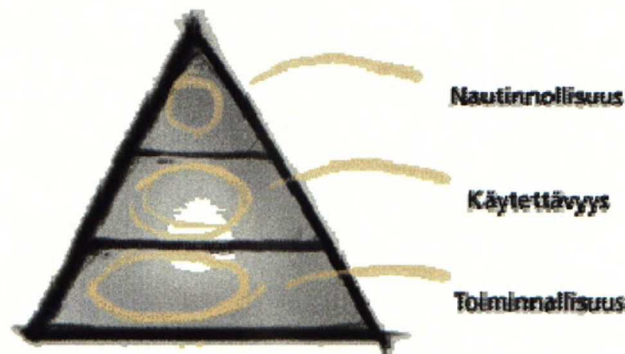
⁶³ ISO 9241-11, *Guidance on Usability*, 1998

⁶⁴ Adagen WWW-sivut, *Käyttöliittymät ja käytettävyys*,
http://www.adage.fi/artikkelit/kayttoliittymat_kaytettavyys.html, viitattu 20.2.2005

⁶⁵ Adagen WWW-sivut, *Käyttöliittymät ja käytettävyys*,
http://www.adage.fi/artikkelit/kayttoliittymat_kaytettavyys.html, viitattu 20.2.2005

Yleisesti käytettävyyden ajatellaan rajautuvan fyysisten laitteiden painikkeisiin tai WWW-palveluiden linkkeihin. Suurin osa tuotteen käyttäjäkokemukseen vaikuttavista tekijöistä on kuitenkin fyysisen tai virtuaalisen käyttöliittymän ulkopuolella. Esimerkiksi tuotteen tai palvelun viestinnällä on ratkaiseva merkitys: jos käyttäjä ei osaa valita oikeaa tuotetta itselleen, ei ymmärrä käyttöohjetta tai tunne laitteen termejä ja symboleja, on käyttäjäkokemus huonontunut.

Jos saatavilla palveluilla ei ole toiminnallisia eroja, tuotteen käytön sujuvuus nousee hankintapäätöksen pääkriteeriksi. Koska palvelun laatumielikuva lisäksi muodostuu pääosin käytön kautta, on käytettävyydellä suora vaikutus yrityksen laatumielikuvaan ja sitä kautta brandiin⁶⁶. Toiminnallisuuden, käytettävyyden ja nautinnollisuuden välinen yhteys on esitetty kuvassa 5-2. Toiminnallisuuden on oltava kunnossa, jotta hyvä käytettävyys on mahdollista. Hyvä käytettävyys mahdollistaa palvelun käytön nautinnollisuuden. Näistä muodostuu tuotteen käyttökriteerit.



Kuva 5-2 Tuotteen käyttökriteerit⁶⁷

5.2.4 Saatavuus

SIP-palveluiden saatavuus on vielä melko rajoittunutta, erityisesti muihin sovelluksiin integroituja ratkaisuita ei vielä ole juuri tarjolla. On kuitenkin syytä olettaa, että nämä palvelut tulevat laajemmalti tarjolle, sillä SIP-palvelua on mahdollista tarjota yhdeltä palvelimelta kaikille Internetin käyttäjille. Riittää että käyttäjällä on yhteys Internetiin, jolloin palvelu on teknisesti hänelle tarjottavissa.

⁶⁶ UserFirst designin WWW-sivut, <http://www.userfirstdesign.com>, viitattu 20.2.2005

⁶⁷ UserFirst designin WWW-sivut, <http://www.userfirstdesign.com>, viitattu 20.2.2005

Laajakaistaliittymien määrä on kasvanut 1.6.2003 lähtien 315 000 liittymästä 750 000 liittymään 1.12.2004 mennessä. Lähes 30 prosentilla kotitalouksista oli tarkastelujakson lopussa laajakaistaliittymä (noin 15 % keväällä 2003), ja puolet suomalaisista käyttää laajakaistaa kotonaan. Kehitystä on kuvattu taulukossa 5-1.⁶⁸

Taulukko 5-1 Laajakaistaliittymien määrä⁶⁹

| Vaikuttavuustavoite | Laajakaistaliittymien määrä, kotitaloudet ja yritykset | | | | |
|--|--|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | 1.6.2003 | 1.12.2003 | 1.6.2004 | 1.12.2004 | Tavoite 31.12.2005 |
| 1.000.000 laajakaistaliittymää v. 2005 loppuun mennessä | 315.000 | 470.000 | 670 000 | 750.000 | <i>1.000.000</i> |

Lähteet: LVM, Tilastokeskus, Viestintävirasto.

Kiinteän verkon laajakaistan alueellinen saatavuus kotitalouksiin on noussut koko maassa kahden vuoden kuluessa noin 75 prosentista noin 94 prosenttiin. Taulukossa 5-2 on esitetty ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) ja kaapelimodeemin saatavuuslukuja. Etelä- ja Länsi-Suomessa yhteyksiä on tarjolla lähes kaikille kotitalouksille. Joillakin harvaan asutuilla alueilla saatavuusprosentti saattaa olla alle 85. Kansallisen laajakaistastrategian mukaan saatavuuden varmistamisessa keskeinen rooli kuuluu maakuntien liitoille. Niiden ja kuntien yhteistyössä laatimat strategiat ovat vauhdittaneet yhteyksien tarjontaa ja herättäneet kansalaisten mielenkiinnon laajakaistapalveluihin. Parhaiten onnistuneissa maakunnissa laajakaistan saatavuus on jo lähes 100 prosenttia.⁷⁰

⁶⁸ Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

⁶⁹ Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

⁷⁰ Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

Taulukko 5-2 ADSL- tai kaapelimodeemin saatavuus⁷¹

| Vaikuttavuustavoite | ADSL:n tai kaapelimodeemin saatavuus, % kotitalouksista | | | | |
|--|---|-----------|----------|-----------|-----------------------|
| | 1.6.2003 | 1.12.2003 | 1.6.2004 | 1.12.2004 | Tavoite 31.12.2005 |
| Nopeat ja kohtuuhintaiset yhteydet kaikkien saatavilla v. 2005 loppuun mennessä. | 75,7 | 81,5 | 88,3 | 94,1 | 95 - 98 |

Lähteet: TeliaSonera Finland Oyj, Elisa Oyj, Finnet Liitto ry.

5.2.5 Hinta palvelun käyttäjälle

Palvelun käytön aloittamiseen liittyy alkuinvestointeja. SIP-palvelua käytettäessä päätelaite voi olla esimerkiksi PC, johon on liitetty kuulokemikrofoni. Lisäksi palvelun käyttämiseen tarvitaan Internet-yhteys, jota varten saatetaan tarvita esimerkiksi modeemi. Laitteet on mahdollista ostaa tai vuokrata. Palvelun käyttöönotossa on yleensä aloitusmaksu, samoin Internet-yhteyden tilauksessa.

Laajakaistaliittymien kuukausimaksut ovat laskeneet tuntuvasti viimeisen kahden vuoden aikana, maantieteellisestä alueesta ja yhteysnopeudesta riippuen 22–40 prosenttia. Samaan aikaan tarjotut yhteysnopeudet ovat kasvaneet. Kansainvälisesti vertaillen hinnat ovat lähestyneet keskitasoa. Euroopan unionin 15 ns. vanhan jäsenmaan kesken lokakuussa 2004 suoritettussa hintavertailussa Suomi sijoittui yhdeksänneksi.⁷²

Palvelun käyttäjälle käyttökustannukset muodostuvat palvelun maksuista. Nämä maksut ovat yleensä puhepalvelulla kuukausi- ja käyttömaksut. Palvelun luonteesta riippuen tulee käyttäjän kiinnittää huomiota näiden maksujen suuruuksiin. Esimerkiksi verkkopeliin yhdistetty puhelu kestää tyypillisesti jopa tunteja, jolloin minuuttipohjainen veloitus saattaa tulla asiakkaalle yllättävän kalliiksi.

⁷¹ Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

⁷² Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

5.2.6 Erityisiä SIP-palvelun kohderyhmiä

Pelaajat

Verkkopelit ovat yksi esimerkki korkeatasoisesta viihdepalvelusta, jota tarjotaan laajakaistaliittymään. Kuluttajat ovat aikaisemmin olleet haluttomia maksamaan Internetissä tarjottavista palveluista. Syynä tähän on se, ettei käyttökokemus ole ollut huomattavasti erilainen kuin vanhassa mediassa tai ilmaisissa Internet-palveluissa. Verkkopelaaminen, joka yhdistää äänen, peliyhteisön ja uudet pelit luo kokemuksen, jota ei voi saavuttaa ilman laajakaistaista verkkoyhteyttä. Äänen lisääminen peleihin mahdollistaa interaktiivisuuden peliyhteisön muiden jäsenten kanssa.

Vuonna 2002 arvioitiin että 9 prosenttia Internet-liikenteestä on verkkopelien tuottamaa ja että vuonna 2007 verkkopelien markkinat ovat noin 2 miljardia dollaria maailmanlaajuisesti. Useissa pelikonsoleissa on nykyään Internet-yhteys, joten verkkopelaaminen ei rajoitu vain PC-peleihin. Koreassa jopa noin 90 % Internetin käyttäjistä pelaa pelejä. Tutkimusten mukaan tyypillinen pelaaja on hyvin koulutettu aikuinen.⁷³

Verkkopelaajille tärkeitä yhteyspisteitä ovat palveluntarjoajien ylläpitämät sivustot, joiden kautta pelaajat voivat aloittaa erilaisia pelejä. Pelaaminen tapahtuu pelaajien tietokoneille asennettujen peliohjelmistojen ja mahdollisesti erillisen palvelimen avulla. Palveluntarjoajat ovat julkisesti näkyvä osuus verkkopelaamisesta. Ne keskittyvätkin rakentamaan houkuttelevia portaalreja, joissa on pelaajia kiinnostavaa sisältöä. Portaalien tuotot tulevat mainoksista, sponsorisopimuksista ja toisinaan myös käyttäjiltä perittävistä maksuista.

Erityisesti Aasiassa on onnistuttu saamaan asiakkaat maksamaan hyvin pelaamisesta, esimerkkinä Ragnarok-peli, jonka pelaaminen on kuukausi- tai tuntiveloitteista⁷⁴. Pelaajan maksun lisäksi veloitus voi tapahtua siten, että verkkopelissä tarvittavien virtuaalisten esineiden hankkiminen on hoidettava oikealla rahalla. Esimerkkinä tällaisesta on suomalainen Habbo Hotel, jossa käyminen on ilmaista, mutta pelaaja voi maksua vastaan sisustaa oman huoneensa virtuaalihuonekaluilla, pelata pelejä ja liittyä Habbo Clubin jäseneksi⁷⁵.

⁷³ Deutsch, Bernhard: *FTTH = Fast Net Reality?*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

⁷⁴ Ragnarok-pelin WWW-sivut, <http://iro.ragnarokonline.com/>, viitattu 20.2.2005

⁷⁵ Habbo Hotel WWW-sivut, <http://www.habbohotel.fi/habbo/fi/>, viitattu 20.2.2005

Yritykset

SIP-palvelun kohderyhmänä voi olla niin ikään yritys, ja yrityksillä on hieman eri tarpeet palveluiden suhteen kuin yksityisillä henkilöillä. Yrityskulttuuri on muuttumassa, ja liiketoiminnan nopeutunut tahti edellyttää, että yrityksen on oltava joustava muutoksille. Yrityksellä on myös oltava mahdollisuus muuttaa prioriteetteja ja aikatauluja sekä sopeuduttava asiakkaan tarpeisiin hyvinkin joustavasti. Yrityksen tietotekniikka on kriittinen menestystekijä, sillä nopea tiedonhaku ja -saatavuus ovat pakollisia kilpailukyvyyn säilyttämiseksi.⁷⁶

Yrityksen siirtyminen käyttämään uutta järjestelmää tai palvelua ei tapahdu yhtä vaivattomasti kuin kuluttajilla. Ensinnäkin asiakaskohtaisen tuoton on oltava houkutteleva, ja järjestelmässä pitää olla hyvät skaalautuvuusmahdollisuudet tulevaisuuden kasvua varten.

Uuden järjestelmän on istuttava yrityksen kokonaisstrategiaan tietotekniikkajärjestelmien osalta. Olemassa olevan infrastruktuurin hyväksikäyttö ja integraatio jo olemassa oleviin järjestelmiin ovat tärkeitä kustannusten hallitsemiseksi. ”All-in-one” -ratkaisu on houkutteleva vaihtoehto, joten esimerkiksi integroitu kommunikointijärjestelmä on parempi ratkaisu kuin useita erillisiä järjestelmiä. Myös helppokäyttöisyys on vaatimus joustavalle käyttöönnotolle. Erityisesti yrityksiä huolenaiheena on hyvä tietoturva kaikessa toiminnassa, joten myös järjestelmien on oltava tältä kannalta moitteettomia.

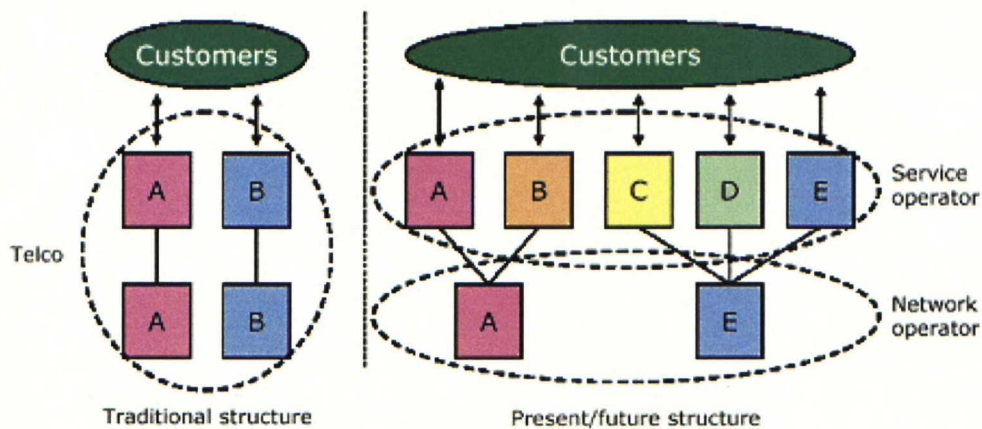
5.3 Operaattorille kannattava sovellus

Käyttäjät asettavat palvelulle tiettyjä vaatimuksia jotka palvelun tarjoajan on täytettävä jotta palvelu menestyy. Näiden käyttäjälähtöisten vaatimusten, joita tarkasteltiin edellisessä kappaleessa, lisäksi on palvelua tarjoavalla operaattorilla tietyt vaatimukset palvelun suhteen. Seuraavaksi tarkastellaan palvelun tarjoamiseen liittyviä seikkoja operaattorin kannalta.

5.3.1 Operaattoreiden tilanne

Puheen siirtyminen lankaverkosta matkapuhelin- ja IP-verkkoihin pakottaa perinteiset operaattorit miettimään omaa tilannettaan. Aikaisemmin fyysinen yhteys ja sen avulla tarjottava palvelu olivat saman operaattorin tuottamat. Nykytaloudella verkko- ja palveluoperaattorit voivat hyvinkin olla erillisiä, aihetta havainnollistaa kuva 5-3.

⁷⁶ Blank, Michelle A., *Collaborative Software & Conferencing*, Voice On the Net, Spring'04-konferenssi



Kuva 5-3 Markkinoiden uudelleen muotoutuminen⁷⁷

Perinteiset operaattorit ovat suhtautuneet pääosin varauksellisesti IP-puheeseen. Toisaalta operaattorit haluavat suojata kannattavaa lankaliittymäliiketoimintaa eivätkä kannibalisoida sitä tarjoamalla halvempaa tai veloitusetonta puhepalvelua. Toisaalta IP-maailmassa palvelua voidaan tarjota vaikka maapallon toiselta puolelta vaivattomasti, joten perinteisten operaattoreiden on varsin vaikeaa estää asiakkaita siirtymästä näiden palveluiden käyttäjäksi. VoIP-palveluiden erillisuus fyysisestä yhteydestä tarjoaa kaikille palveluntarjoajille mahdollisuuden laajentaa tarjontaansa maantieteellisille alueille, joilla niillä ei ole omaa verkkoa, joten voidaan sanoa että tuloksena syntyy aivan uudentyyppistä puhelinliiketoimintaa. Myös uudet operaattorit saavat mahdollisuuden osallistua kilpailuun asiakkaiden puheluminuuteista.

Käytännössä operaattorilla on kaksi eri tapaa positoida IP-puhetuotteensa: joko korvata asiakkaan perinteinen puhe halvemmalla tai sitten tarjota puhetuotetta, jonka ominaisuudet ovat paremmat kuin perinteisellä puhelulla. Halvemman puheen tarjoaminen kannattavasti vaatii sitä, että palvelu on halvempi tuottaa. Kannattavuus on keskeinen tekijä liiketoiminnassa, koska katemarginaalit on säilytettävä tuottavan toiminnan jatkamiseksi. Yleisesti ottaen VoIP-operaattorina toimiminen on edullisempaa kuin perinteisen puhelinverkon operointi. Toisaalta myös erilaisilla lisäpalveluilla ja uusilla ominaisuuksilla on mahdollista kasvattaa ARPU:a (Average Revenue Per User). IP-puheen integroinnin avulla voidaan tarjota asiakkaille palvelua, josta he ovat valmiita maksamaan enemmän kuin pelkästä puhelupalvelusta. Erilaisilla palvelupaketeilla on mahdollista myös tukea muiden tuotteiden myyntiä ja kannattavuutta.

⁷⁷ Hämmäinen, Heikki, *Operators, Networking Business* –kurssin luentokalvo 2004

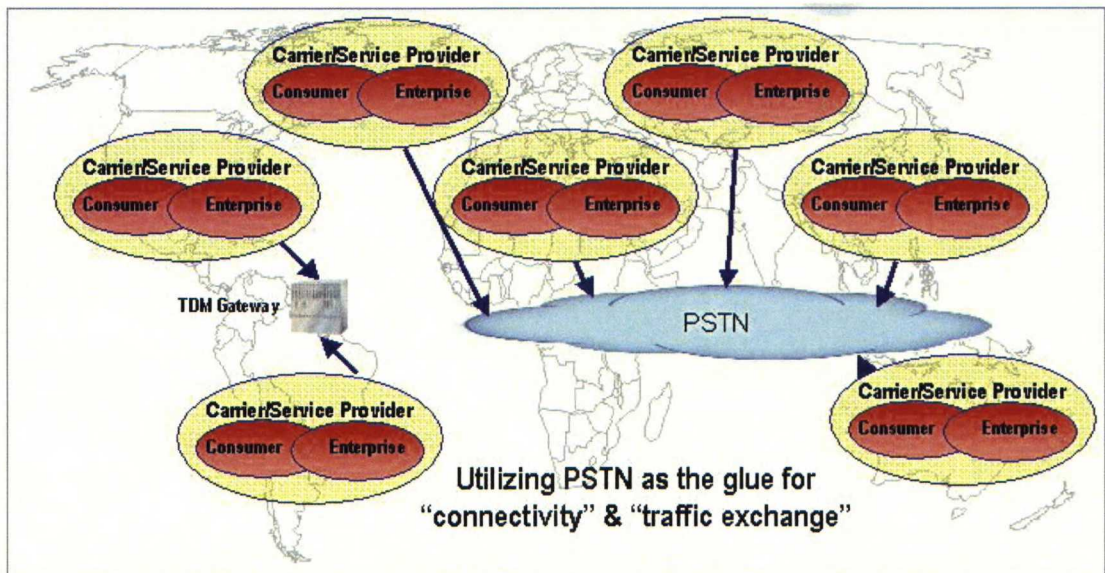
Operaattorille VoIP:n toteutus riippuu olemassa olevasta infrastruktuurista ja VoIP:n käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi Ruotsissa on vielä tällä hetkellä voimassa laki, jonka mukaan asiakkaalla pitää olla lankapuhelinliittymä käytössä, jotta hän voi tilata siihen ADSL-yhteyden. Suomessa taas tilanne on se, että asiakas voi tilata vain pelkän ADSL:n ilman puhelinliittymää. Tämän seurauksena suurella osalla laajakaistan käyttäjistä Ruotsissa on jo puhelinliittymä käytössään, ja VoIP tarjoaa niin kutsutun toisen linjan (second line VoIP) puheluille. Koska asiakkaalla on jo puhelinliittymä, on VoIP:n tarjottava jollain mittarilla parempi palvelu, jotta asiakas sitä käyttää. Suomessa taas huomattava osa laajakaistan tilaajista irtisanoo vanhan puhelinliittymänsä, joten heille tarjottava ratkaisu saattaa olla hyvinkin samanlainen kuin perinteinen lankaliittymä eli niin sanottu ensisijainen puhepalvelu (first line VoIP).

Puhelinoperaattorin kannalta first line ja second line -ratkaisuiden kulu- ja tulorakenteet poikkeavat toisistaan, sillä jos VoIP:n lisäksi ei tarjota tavallista lankaliittymää, säästetään lanka-verkon hallintakuluissa. Toisaalta first line -järjestelmän tulee olla erittäin luotettava, jotta sillä voidaan tarjota ensisijaista puhelinpalvelua. Second line -VoIP on enemmänkin lisäpalvelu, joten sen ei tarvitse olla yhtä luotettava, ja näin ollen järjestelmä voi olla kevyempi. Toisaalta second line -järjestelmän tapauksessa operaattori ylläpitää mahdollisesti kahta verkkoa, joten sen ylläpito ja investointikustannuksista ei saada säästöjä.

Asiakkaat valitsevat jatkossa kaikista palveluista ne, jotka tuottavat heille eniten lisäarvoa sopivalla hinnalla, joten operaattorin on tärkeää tarjota oikeat ominaisuudet ja palvelupaketit. Oikeat palvelupaketit tuottavat parhaiten, jos ne perustuvat onnistuneeseen segmentointiin eikä niinkään optimaaliseen yleiseen edullisuuteen, sillä suurin lisäarvo ei ole kaikille segmenteille vain rahallinen etu.

SIP-yhdysliikenne

Tällä hetkellä eri SIP-palveluiden tarjoajat ovat ikään kuin erillisinä saarekkeina IP-verkossa, ja monilla niistä on yhdyskäytävä lankaverkkoon. Tilannetta esittää kuva 5-4.



Kuva 5-4 SIP-palvelusaarekkeita yhdistää PSTN⁷⁸

Suorat yhteydet palveluntarjoajien välillä ilman käyntiä lankaverkon puolella eivät kuitenkaan ole yleensä mahdollisia, vaikka käytettävä protokolla onkin sama. Esteenä suoralle yhteydelle ovat käytännössä esiintyvät erot toteutuksien välillä eli vaikka protokolla on sama, eivät palvelut kuitenkaan ole pienten eroavaisuuksien vuoksi yhteensopivia. Toisekseen operaattorit ovat saattaneet tahallisesti estää yhdysliikenteen, sillä esimerkiksi laskutus on näissä tilanteissa hankalaa. Perinteisen verkon puolella puhelun päätepisteen operaattori ansaitsee terminointimaksun, kun taas IP-verkossa tätä on hankala toteuttaa, sillä puheluyhteyksiä on mahdollista muodostaa suoraan päätelaitteiden välillä.

Yhdysliikenne muiden SIP-operaattoreiden kanssa mahdollistaisi palveluiden tarjoamisen operaattoreiden välillä. Tämä yhdistäisi palveluiden saatavuusalueet, jolloin asiakas saisi lisäarvoa omasta palvelustaan koska hän voisi käyttää sitä kommunikointiin yhä useamman ihmisen kanssa. Metcalfen lain mukaan verkon arvo on siihen liitettyjen solmujen, eli käyttäjien ja laitteiden, neliö. Yhdistymisen lopputuloksena koko IP-verkon arvo kasvaisi ja myös palveluntarjoajat hyötyisivät⁷⁹. SIP-operaattoreiden välisen yhdysliikenteen toteuttavia yleispäteviä laitteita on jo markkinoilla. Voi tosin olla, että tällaisissa yhdyslaitteissa SIP muuttuu sisäisesti joksikin muuksi protokollaksi.

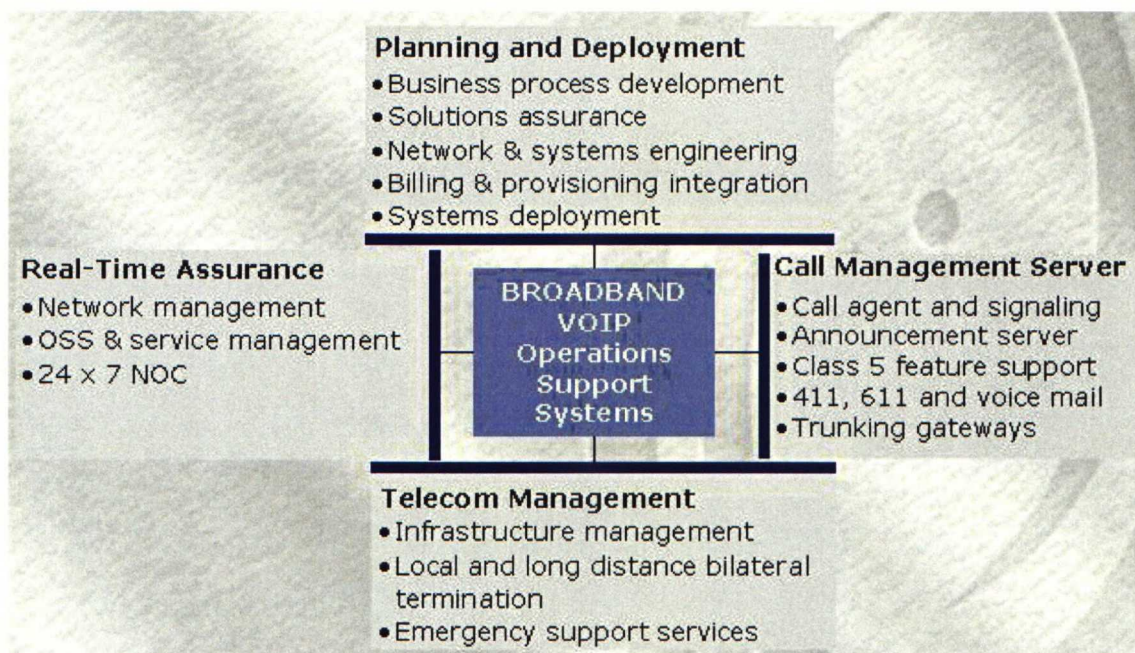
⁷⁸ Kaushik Patel, *SIP Peering Strategies*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

⁷⁹ Economides, Nicholas, *Economics of Networks*, International Journal of Industrial Organization, Vol 14, No.2 1996

On odotettavissa, että VoIP:n kehityksen alkuvaiheen jälkeen tilanne tulee muuttumaan, kun yhä suurempi osa puheliikenteestä siirretään IP-verkossa PSTN-verkon sijaan. Tällöin VoIP-yhdysliikenne kasvaa merkittäväksi. Jo tällä hetkellä on muutamia isompia VoIP-yhdysliikenne-operaattoria, jotka tarjoavat kansainvälisen liikenteen osalta VoIP-rajapintaa, mutta ongelmana on se, että ne määrittelevät toteutuksen omilla ehdoillaan niin tekniikan kuin liikennöintikustannustenkin osalta.

5.3.2 Palvelun hallinnointi

VoIP-palveluntarjoaja Net2Phonen globaaleista palveluista vastaavan johtajan Bryan Wienerin⁸⁰ mukaan laajakaistaisen VoIP-palvelun operoinnin tukitoiminnot voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: suunnittelu ja toteutus, reaaliaikainen laadunvarmistus, puhelunhallintapalvelin ja tietoliikennehallinta. Nämä osa-alueet on esitetty kuvassa 5-5.



Kuva 5-5 Operoinnin tukitoiminnot⁸¹

Palveluiden suunnittelu ja toteutus koostuu useasta eri osatekijästä. Erityisesti IP-palvelun integraatio olemassa oleviin järjestelmiin on suunniteltava huolella. Näitä järjestelmiä ovat esi-

⁸⁰ Wiener, Bryan, Net2Phone Global Services, *The Long-Term Role of the Broadband VoIP Provider*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

⁸¹ Wiener, Bryan, Net2Phone Global Services, *The Long-Term Role of the Broadband VoIP Provider*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

merkiksi laskutus- ja provisiointijärjestelmät. IT-järjestelmien suunnittelussa pitäisi ottaa huomioon liiketoiminnan prosessien kehitys siten, että nämä tukisivat toisiaan. Verkko- ja järjestelmätekniikka ja niiden laadunvalvonta sekä järjestelmien sijoittaminen turvallisesti on suunniteltava ja toteutettava mahdollisimman kauaskantoisesti.

Reaaliaikainen laadunvarmistus koostuu verkon- ja palvelunhallinnasta. Verkko-operaatiokeskuksen (NOC, Network Operations Center) verkonvalvonnan tulee olla ympärivuorokautista, jotta voidaan tarjota laadukasta VoIP-palvelua. Käytönhallintajärjestelmän (OSS, Operations SubSystem) tehtävänä on televerkon käyttö ja ylläpito sekä tilaajatietojen ja telepäätelaitteiden hallinta.

Puhelunhallintapalvelimen valinta vaikuttaa käytettävään soittoagenttiin ja signalointiin. Palvelun tiedotuspalvelin ja peruspuheluominaisuuksien tuki sekä vastaajapalvelu on niinikään mietittävä. Yhdyskäytävät muihin verkoihin ja niiden yhteensopivuus muihin verkon osiin on suunniteltava ja testattava.

Tietoliikennehallintaan kuuluu käytettävän infrastruktuurin, kuten tietoliikenneverkon, hallinta. Lisäksi paikallispuheluiden ja kaukopuheluiden keskinäinen terminointi kuuluu operaattorin tietoliikennehallintaan. Häätapauksien varalle on suunniteltava tukipalvelu.

5.3.3 Käytettävyys

Eri tuotteiden käytössä ilmenevien ongelmien taloudellinen merkitys tulee esille eri reittejä pitkin. Palvelutuotteiden ongelmat näkyvät tavallisesti suoraan käyttöasteen laskuna. Kun tuotteen ansaintalogiikka on lisäksi sidottu suoraan käyttöön, kuten esimerkiksi VoIP-puhelinpalveluissa, näkyy tämä välittömästi tuotteen tuloksessa. Ohjelmistotuotteiden, esimerkkinä integroitu SIP-sovellus, käytettävyysongelmat taas tulevat esille yleensä kohonneina myynnin jälkeisinä kustannuksina kuten tukena, ylläpidon tarpeena ja erityisesti teknisenä asiakaspalveluna.

Hyvä tuote on kilpailukykyinen. Sitä myydään enemmän ja tuotteesta saadaan parempi kate. Käytettävyysvaikutus kilpailukykyyn korostuu erityisesti markkinoilla, joilla on useita toiminnallisuudeltaan vastaavia tuotteita. On odotettavissa, että näin on VoIP-palveluiden kohdalla, sillä alkeellisten palveluiden lanseeraaminen markkinoille on helppoa.

5.3.4 Kustannukset

Palvelun toteuttamiseksi tarvitaan tiettyjä investointeja kuten palvelimia, ja palvelun ylläpitoon on niin ikään panostettava rahallisesti. Valitun SIP-palvelun kannattavuutta tarkastellaan seuraavassa kappaleessa, jossa käydään myös kustannukset läpi.

5.3.5 Hinnoittelu ja laskutus

SIP-palveluiden hinnoittelu on mahdollista tehdä kuten perinteisen lankaverkon puolella. Tällöin yleisiä malleja ovat kiinteä kuukausimaksu ja minuuttipohjainen laskutus. IP-maailmassa on mahdollista laskuttaa myös kulutetun bittimäärän perusteella, mutta käytännössä tämä saattaa olla asiakkaan kannalta vaikeaselkoinen malli. Perinteisen verkon laskutus perustuu myös puhelun soittajan ja vastaanottajan sijaintiin. IP-puheluissa ei asiakkaan paikantaminen ole kuitenkaan nykyisellä tekniikalla helppoa, joten helpompi ratkaisu on käsitellä IP-verkkoa yhtenä laskutuskokonaisuutena.

Nykyään VoIP-palveluissa näkee yleisesti kuukausi- ja minuuttipohjaisen laskutuksen yhdistelmiä, kuten Elisan⁸² ja Soneran⁸³ Puhekaista-palveluissa. Puhelun hinta on usein huomattavasti kalliimpi silloin kun se suuntautuu pois IP-verkosta, ja IP-verkon sisäiset puhelut saattavat olla veloituksettomia.

Käytännössä laskutus tapahtuu keskitetyssä palvelimessa, joka hoitaa puheluiden yhdistämislogiikan. SIP-verkossa laskutus tapahtuu siis usein välityspalvelimessa. Laskutusta varten voidaan dedikoida myös oma palvelimensa, mutta vähäisen suorituskykytarpeensa vuoksi tämä on melko harvinaista. VoIP-verkon palvelimissa tuotetaan varsinainen laskutustieto, joka voidaan siirtää jatkokäsittelyä varten erilaisiin laskutus- ja asiakashallintajärjestelmiin kuten lankaverkon laskutukseen, jos sellainen on jo käytössä. Tämä on mahdollista, sillä useimmat VoIP-laskutuspalvelimet tuottavat tarvittaessa samanmuotoisia CDR-tikettejä (Call Detail Record) kuin perinteinen puhelinverkon laskutus.

VoIP-laskutuksen haasteita

VoIP-laskutukseen liittyy erityisiä haasteita, joita ei perinteisen puhelinverkon puolella ole. Nämä haasteet johtuvat suurelta osin IP-liikenteen yhteydettömyydestä, mikä hankaloittaa puhelun hallittavuutta operaattorin kannalta. Asiaa hankaloittaa myös Internetin laajuus: soittaja

⁸² Elisa Puhekaista -hinnasto 1.1.2005

⁸³ Sonera Puhekaista -hinnasto 1.1.2005

ja vastaanottaja voivat olla missä päin maailmaa tahansa. Erityisen haastavaa on maailmalla suosittujen etukäteen maksettavien prepaid-liittymien toteutus, joissa järjestelmän täytyy saada tuotettua laskutusinformaatiota lähes reaaliaikaisesti.⁸⁴

VoIP-laskutuksen haaste on laskutettavan ajan tunnistamisessa, sillä yhteyttä ei kontrolloida jatkuvasti. Puhelun aloitus ja lopetussignalointi tapahtuu välityspalvelimen kautta, mutta varsinaiset mediapaketit kulkevat suoraan päätelaitteiden välillä. Lopetussignaali saattaa kuitenkin puuttua, sillä siihen liittyvä viesti voi hävitä verkossa tai sitä ei lähetetä ollenkaan. Viestiä ei lähetetä esimerkiksi silloin, kun Internet-yhteys vain katkaistaan kesken VoIP-yhteyden. Tämän vuoksi on suositeltavaa käyttää IP-puhelun kanssa samanaikaisesti esimerkiksi sovellusta, joka käy tietyn väliajoin tarkistamassa, onko yhteys vielä päällä vai pitääkö laskutus katkaista. Lisäksi käyttäjä on tunnistettava, mutta tämä ongelma on ratkaistavissa esimerkiksi käyttäjätunnuksen avulla.

Soitettaessa SIP-puhelua päätelaitteelta toisen välityspalvelimen alaiselle vastaanottajalle ei puhelun aloitussanoma välttämättä mene aloittajan välityspalvelimen kautta. Tällöin soittajan operaattori ei saa minkäänlaista tietoa puhelun aloituksesta. Näin ollen laskutuskin on haastavaa. Tämän ongelman ratkaisuun on ainakin kaksi mahdollista tapaa:

1. Puhelun aloitus on määrittelyjen avulla mahdollista pakottaa kulkemaan oman välityspalvelimen kautta. Tämä onnistuu päätelaitteen asetuksella, jossa ulospäin lähtevät viestit ohjataan aina ottamaan ensin yhteyttä omaan välityspalvelimeen (outbound proxy). Tällöin saadaan aina tieto puhelun aloituksesta laskutusta varten.

2. SIP tarjoaa mahdollisuuden myös niin sanotun nauhoitetun reitityksen (record-routing) käyttöön. Sen avulla viestit voidaan pakottaa kulkemaan tietyn välityspalvelimen läpi koko yhteyden ajan, jolloin saadaan laskutustieto koko puhelun ajalta. Tämä tapa sotii kuitenkin VoIP-puheluiden tehokkuusperiaatetta vastaan ja vaatii palvelinresursseja kaikkien puheluiden käsittelyyn. Lisäksi verkon liikenteen määrä lisääntyy, kun paketteja ei reititetä lyhintä reittiä vaan kaikki paketit kierrätetään tietyn pisteen kautta.

VoIP-laskutuksen haasteellisuuden vuoksi monet operaattoreista ovat tyytyneet perimään kuukausimaksua, johon sisältyy oikeus soittaa rajoituksetta IP-puheluita. Osaltaan tähän on

⁸⁴ Mierla, Daniel, *Charging Plan Definition Language*, International SIP 2004 konferenssi

ajanut yleinen käsitys IP-puheluiden ilmaisuudesta. Operaattoreiden onkin keksittävä muita tapoja erottautua VoIP-tarjonnallaan kuin hintakilpailu, ja samalla minuuttipohjaisen laskutuksen haasteisiin on löydettävä ratkaisuita. Laskutuksen hyvä toteutus saattaa olla merkittävä kilpailutekijä VoIP-markkinoilla. Jotta IP-järjestelmien laskutus saataisiin maailmanlaajuiseksi, tarvittaisiin yhteneviä laskutusjärjestelmätoteutuksia ja hinnoittelumalleja. Tässä ollaan kuitenkin vielä aivan alkutekijöissä verrattuna esimerkiksi lankapuhelinverkkoon.

5.4 Sovelluksen valinta

Edellisissä kappaleissa tarkasteltujen seikkojen avulla valitaan lähempää tarkastelua varten yksi sovellus. Tässä valinnassa painotetaan kyseisen sovelluksen kannattavuutta operaattorin kannalta, kuitenkin ottaen huomioon, että sovelluksen pitää kiinnostaa kuluttajia. Muutoin käyttäjämäärät jäävät vähäisiksi eikä tuote voi olla kannattava operaattorillekaan.

Kappaleessa 2.3.3. todettiin, että jatkossa SIP mahdollistaa samat palvelut sekä 3G- että Internet-verkkoihin. Valittava sovellus voisi olla sellainen, että palvelua on mahdollista käyttää molemmista verkoista siten, että asiakkaan käyttömahdollisuudet kasvavat. Operaattorin kannalta tämä tarkoittaa lisää laskutettavia minuutteja, kuten kappaleessa 3.5. on todettu. Tämän hyödyntämiseksi tarvitaan kappaleessa 2.4.4. esitelty laite verkkojen yhdistämiseen. Kyseisen yhdyskäytävän avulla on mahdollista välittää esimerkiksi puhetta ja videota verkkojen välillä, joten palvelussa voisi äänen lisäksi olla muita ominaisuuksia.

Operaattorin kannalta puhelun sulauttaminen osaksi ohjelmaa saattaa olla haasteellista, jos kyseinen ohjelma on toisen yrityksen valmistama. Tällöin ei muilla kuin kyseisellä yrityksellä ole oikeutta ”upottaa” ohjelmaan uusia ominaisuuksia, ellei muuta ole sovittu. Helpointa operaattorille on toteuttaa palveluita erillisillä sovelluksilla ja palvelimilla. Kappaleessa 2.4.3. käytiin läpi esimerkki sovelluspalvelimesta, jolla pystytään toteuttamaan esimerkiksi video-neuvottelupalvelu.

Kappaleessa 5.3.1. käytiin läpi operaattoreiden tilannetta ja todettiin, että käytännössä operaattorilla on kaksi tapaa positoida IP-puhetuotteensa: joko korvata asiakkaan perinteinen puhe halvemmallalla tai sitten tarjota puhetuotetta, jonka ominaisuudet ovat paremmat kuin perinteisellä puhepalvelulla. Tässä työssä valitaan kohteeksi ominaisuuksiltaan parempi puhepalvelu, joten palvelun tulisi tarjota lisäarvoa käyttäjälleen. Palveluiden personointi ja palvelut, jotka parantavat ihmisten tavoitettavuutta ja saatavuutta, tulevat jatkossa olemaan tärkeitä kuten kappaleessa 5.2.2. todettiin. Näin ollen SIP:n mahdollistama palvelu voisi olla näitä tarpeita

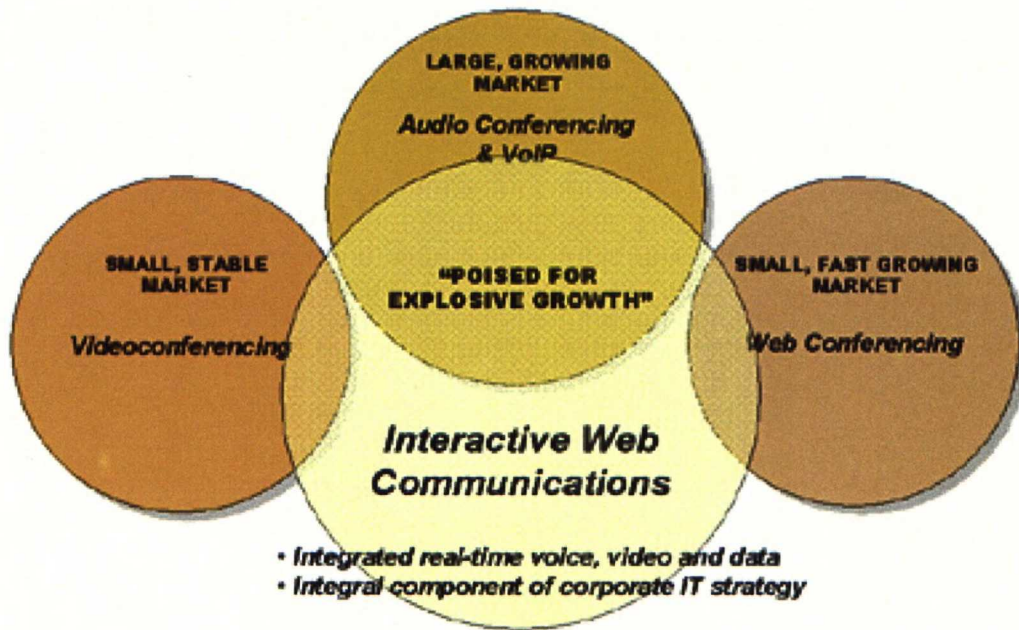
tydyttävä. Kappaleessa 5.1. käsiteltiin palvelun vaatimuksia ja todettiin, että ominaisuuksien lisäksi palvelun peittoalueen, kapasiteetin ja laadun tulee olla kunnossa. Reaaliaikapalveluista VoIP-puheluilla ja videoneuvotteluilla on tiukimmat palvelun laatuvaatimukset, joten nämä seikat on otettava huomioon tarkasti. Käytännössä puhepalvelulla ja videoneuvottelulla on lähes sama peittoalue, mutta kapasiteettia tarvitaan huomattavasti enemmän videoneuvottelun tapauksessa.

Kappaleessa 5.2.5. käsiteltiin palvelun hintaa käyttäjälle. Jos palvelua käytetään PC:ltä, tarvitsee käyttäjä kuulokemikrofonin puhepalvelua varten. Lisäksi tarvitaan web-kamera, mikäli halutaan lähettää videokuvaa. Kuulokemikrofonin hankintakustannus on pieni, halvimpia malleja saa vain muutamalla eurolla, joten kynnys IP-pohjaisen puhepalvelun käyttöönottoon on tältä osin matala. Web-kamera maksaa useita kymmeniä euroja, joten asiakkaan pitää tuntea saavansa lisäarvoa sen hankinnasta ennen ostopäätöstä.

Puheen välittäminen ja puhepalvelut ovat merkittävä liiketoiminta-alue. Puhelinpalveluyritysten VoIP-ratkaisuja on markkinoilla jo varsin runsaasti, ja laitteistovalmistajat ovat tehneet valmiita tuotteita, joilla voidaan toteuttaa integroituja IP-palveluita. Operaattorin rooli näiden palveluiden kehityksessä on usein varsin vähäinen, joten tässä työssä ei puhelinpalveluyrityksen ratkaisua tarkastella tarkemmin.

Kappaleessa 4.3. tarkasteltiin WWW-pohjaista videoneuvottelua. Nämä ovat perinteisesti kalliita toteuttaa, mutta SIP tuo tähän edullisuutta, uusia toteutusmahdollisuuksia ja käyttömukavuutta. Kappaleessa 4.1.3. tarkasteltu WWW-pohjainen puhelun aloitus on yksi suosituimpia VoIP:n sovelluksia. Se on mahdollista yhdistää videoneuvotteluun. Esimerkkinä olisi WWW-sivusto, jolla käyttäjä voi luoda omia keskusteluryhmiä tai ajastaa neuvottelupuheluita. Arel Communications & Softwaren markkinointijohtajan Michelle A. Blankin mukaan erilaiset WWW-kommunikaatiosovellukset tulevat yleistymään merkittävästi lähivuosina kuten kuvassa 5-6 on esitetty⁸⁵.

⁸⁵ Blank, Michelle A., *Collaborative Software & Conferencing, Voice On the Net*, Spring '04 -konferenssi



Kuva 5-6 Interaktiivinen WWW-kommunikaatio ⁸⁶

Näillä perusteilla valitaan tarkasteltavaksi WWW-pohjainen videoneuvottelu -ominaisuus. Seuraavassa kappaleessa tarkastellaan tämän kannattavuutta liiketoimintalaskelman avulla.

⁸⁶ Blank, Michelle A., *Collaborative Software & Conferencing*, Voice On the Net, Spring '04 - konferenssi

6 Liiketoiminta-analyysi

Tässä kappaleessa tarkastellaan valittujen sovellusten kannattavuutta. Tarkastelun pohjana on käytetty kaavaa, jolla Hämmäisen⁸⁷ mukaan rakentuu operaattorin voitto:

$$\text{Voitto} = \text{Tilaajat} \cdot \text{ARPU} - \text{OPEX} - \text{CAPEX}$$

ARPU = Average Revenue per User

OPEX = OPERational EXpenditure

CAPEX = CApital EXpenditure

Näitä tekijöitä ja niihin vaikuttavia seikkoja käydään läpi seuraavaksi ensin yleisemmällä tasolla. Tämän jälkeen tehdään tarkastelu WWW-pohjaisen videoneuvottelu -ominaisuuden osalta.

6.1 Tilaajamäärät

Tilaajien lukumäärä vaikuttaa huomattavasti palvelusta saatavaan tuottoon, joten onkin samanaikaisesti pyrittävä säilyttämään vanhat asiakkaat ja hankkimaan aktiivisesti uusia. Yleisesti ottaen uuden asiakkaan hankkiminen on kalliimpaa kuin vanhan säilyttäminen, joten jo olemassa olevien asiakkaiden pitäminen tyytyväisenä on tärkeää. Erityisesti palveluissa, joiden vaihtaminen on asiakkaalle helppoa, on pyrittävä säilyttämään tuottoisat asiakkaat.

Palvelun käyttäjämäärä on riippuvainen palvelun peittoalueella olevien kotitalouksien määrästä. Näistä kotitalouksista tietty osuus ottaa palvelun käyttöönsä. Laskelmissa on uusien asiakkaiden lisäksi syytä ottaa huomioon olemassa olevien asiakkaiden irtisanomiset (churn). Näiden lukujen perusteella saadaan arvioitua asiakasmäärät kunkin vuoden lopussa.

Vaikka SIP-palvelu on teknisesti tarjottavissa koko Internetin saatavuusalueelle, tässä rajataan palvelun tarjonta Suomen laajakaistaliittymiin. Vuoden 2004 lopussa laajakaistaliittymiä oli noin 750 000. Kansallisen laajakaistastrategian⁸⁸ arvion perusteella vuoden 2005 loppuun mennessä laajakaistaliittymiä noin 1 000 000. Olettaen että laajakaistaliittymien määrä kasvaa 100 000 kpl vuodessa, olisi vuoden 2008 lopussa käytössä 1 300 000 laajakaistaliittymä.

⁸⁷ Hämmäinen, Heikki, *Operators, Networking Business* -kurssin luentokalvo 2004

⁸⁸ Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005

6.2 Palvelun käyttömäärän lisääminen

ARPU:n kasvattaminen onnistuu kun asiakkaat käyttävät palvelua ja sen lisäpalveluita yhä enemmän. Tähän päästään tarjoamalla laajempaa valikoimaa ja parempia palveluita. Erilaiset lisäpalvelut kuten integroidut sovellukset voivat olla kilpailutekijöitä, kuten myös houkuttelevat tuotepaketoinnit. Parempi käytettävyyys tai äänenlaatu voivat SIP-puheluiden osalta niin ikään olla tällaisia tekijöitä. SIP:n vahvuutena on sen mahdollistama nopea palvelukehitys, joten uusia palveluita on mahdollista tuoda markkinoille myös kokeiluluontoisesti⁸⁹. Erityisesti ohjelmistopohjaisilla IP-palveluilla tuotantokustannukset eivät nouse lineaarisesti käytön kasvaessa, sillä kapasiteettivaatimus käyttäjää kohden on melko vähäistä.

6.3 Hinta

Toinen mahdollisuus ARPU:n kohottamiseksi, palvelun käyttömäärän kasvattamisen lisäksi, on nostaa palvelun hintaa. Tällöin palvelun on tarjottava asiakkaalle sellaista lisäarvoa, josta hän on valmis maksamaan. Palvelun segmentoinnilla tai brändäyksellä siitä voidaan tehdä houkuttelevampi tietyille kohderyhmälle kuin muista vastaavista palveluista. SIP-puheen tarjoamisen avulla on perinteisen puhelinoperaattorin mahdollista kasvattaa myös PSTN-verkon liikennettä, joten näitä tuottoja ei tule unohtaa.

IP-puheen hinnoittelussa voidaan tarkastella nykyisten VoIP-palveluntarjoajien hinnoittelua. Seuraavat hinnat on laskettu Sonera Puhekaistan, Elisa Puhekaistan, Ipon Communicationsin Laajakaistapuhelimen ja Maxinetin puhepalvelun hintojen keskiarvoista.

Tarjolla olevien palveluiden perusmaksut ovat kuukausittaisia, ja kyseisten palveluiden kuukausimaksujen aritmeettinen keskiarvo on noin 5,50 euroa. Avaus- ja liittymismaksujen keskiarvoksi tulee noin 19 euroa. Palvelun sisäiset puhelut kuuluvat Laajakaistapuhelimella ja Maxinetilla kuukausimaksuun, Elisan ja Soneran Puhekaistapalveluissa niissä on minuuttipohjainen veloitus. Minuuttihintojen keskiarvoksi tulee, veloituksettomat palvelut mukaan ottaen, 0,02 euroa/minuutti. Näiden tietojen pohjalta voidaan tehdä keskimääräinen arvio IP-puheluiden hinnastosta, tämä esitetty taulukossa 6-1.

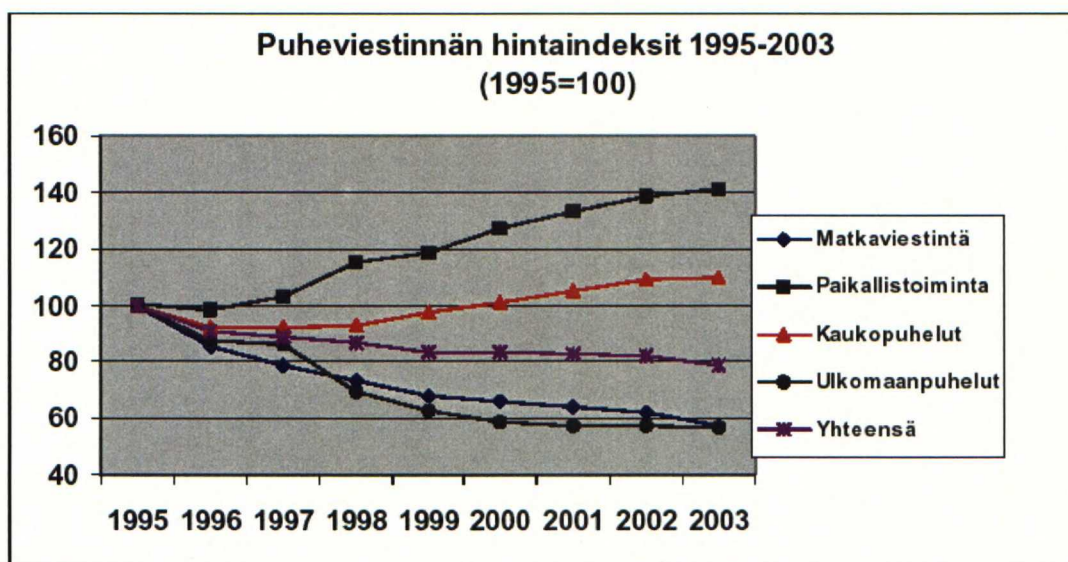
⁸⁹ Adensamer, Ray, *IP Media Servers for Enhanced Service Solutions*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Taulukko 6-1 IP-puhepalveluiden hinnat 20.2.2005

| Nykyisten palveluiden hinnat | Avaus- tai liittymismaksu | Perusmaksu/ kk | Sisäiset puhelut/min |
|------------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|
| Sonera Puhekaista | 20,00 | 6,00 | 0,03 |
| Elisa Puhekaista | 25,00 | 5,00 | 0,05 |
| Laajakaistapuhelin | 10,00 | 5,40 | 0,00 |
| Maxinetti | 20,00 | 5,00 | 0,00 |
| Keskiarvo | 18,75 | 5,35 | 0,02 |

Palveluista kuten numeron vaihdosta tai asiakassuhteen muuttamisesta veloitetaan IP-puhelinliittymissä palvelumaksu kuten muissakin liittymissä. Näitä tapahtumia on keskimäärin varsin harvoin, mutta niiden hinnoittelu on tärkeää, sillä se saattaa ehkäistä asiakkaiden liiallista palvelun muokkausta. Nämä palvelut tehdään usein käsityönä, mikä on operaattorille kallista.

Puheviestinnän hintojen kehityksen perusteella voidaan arvioida että hinnat tulevat jatkuvasti laskemaan kilpailun lisääntyessä, tätä kehitystä kutsutaan hintaeroosioksi. Erityisesti uskotaan, että IP-verkon sisäisistä puhelusta ei voida juurikaan laskuttaa, sillä jo nyt tarjotaan veloituksettomia IP-puhepalveluita. Oheisessa kuvassa 6-1 on esitetty puheviestinnän palvelujen hintakehitys vuosina 1995–2003. Paikallispuhelujen ja perusmaksujen hintakehitys on yhdistetty yhteiseksi paikallistoiminnan indeksiksi.

Kuva 6-1 Puheviestinnän hintaindeksit⁹⁰

⁹⁰ Liikenne- ja viestintäministeriö, *Suomen telemaksujen hintataso 2003, 2004*

Tässä valitaan tarkastelujaksoksi vuodet 1995–1999, jolloin mobiilipuhelumarkkinat olivat vasta alkuvaiheessa, kuten SIP-palveluiden markkinat tällä hetkellä. Mobiilipuolella hinnat laskivat vuodesta 1995 vuoteen 1999 noin 30 %, seuraavissa laskelmissa on arvioitu että SIP-puheluille tapahtuu samansuuruinen hintojen pudotus teknologian ja markkinatilanteen kehittyessä.

Näiden nykyisten palveluiden hintojen ja aikaisemman hintojen kehityksen perusteella on arvioitu SIP-palvelulle hinnasto. Taulukossa 6-2 esitetyn hinnaston perusteella voidaan arvioida hinnoittelua sovelluskohtaisille SIP-puheluille.

Taulukko 6-2 SIP-palvelun hinnasto

| Palvelun hinnat | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Liittymismaksu | 19,00 | 18,00 | 16,00 | 14,00 | 13,00 |
| Kuukausimaksu | 5,00 | 5,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Minuuttimaksu IP-verkossa | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Minuuttimaksu muihin verkkoihin | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Palvelumaksu | 10,00 | 9,00 | 8,00 | 8,00 | 7,00 |

6.4 Käyttöomaisuusinvestoinnit

Käyttöomaisuusinvestoinnit eli CAPEX koostuu pitkäaikaisista investoinneista kuten palvelimista ja ohjelmistolisensseistä. CAPEX:in pienentämiseksi peittoalueen ja kapasiteetin optimointi on tärkeää ja turhia investointeja on vältettävä. Hankittavien laitteiden valinta on tehtävä huolella, ja jo olemassa olevien investointien uudelleenkäytöllä voidaan minimoida lisäinvestoinnit. Esimerkiksi jo aikaisemmin hankittu siirtokapasiteetti lasketaan uponneisiin kustannuksiin, ja sen hyväksikäytöllä voidaan välttää uudet investoinnit.

Investointeja tehtäessä on otettava huomioon muutakin kuin investoinnin rahallinen arvo. Käyttäjän kannalta palvelun helppokäyttöisyys on tärkeä sovelluksen toteutuksessa, sillä monimutkaisen järjestelmän käyttö voi jäädä vähäiseksi. Investoinnin pitää olla pitkällä tähtäimellä edullinen ja helposti ylläpidettävä.

Niille toimijoille, joilla on jo olemassa olevaa infrastruktuuria, pitää sovellus olla integroitavissa muuhun infrastruktuuriin. Lisäksi sovelluksen tulisi hyödyntää jo olemassa olevaa infrastruktuuria. Nämä vaatimukset huomioon ottaen voidaan sanoa, että turvallinen investointi on

järjestelmä jota käytetään, joka säästää aikaa ja energiaa, joka tarjoaa tehokkaan teknologian ja tutun käyttäjäkokemuksen sekä on yksinkertainen.⁹¹

SIP-palveluiden investoinnit ovat selvästi suurimmat ensimmäisenä vuonna, jolloin järjestelmä hankitaan. Tämän jälkeen investoinnit seuraavat suurelta osin käyttäjämäärän kehitystä, kun investoinneilla hankitaan tarvittaessa lisäkapasiteettia tai tehdään luotettavampaa palvelua.

6.5 Liiketoimintakulut

Liiketoimintakulut, OPEX, koostuu operatiivisen toiminnan käyttökustannuksista kuten henkilöstökuluista ja markkinoinnin kuluista. OPEX:n pitäminen mahdollisimman pienenä edellyttää palvelun laadun optimointia. Tällöin esimerkiksi asiakaspalvelun kustannukset saadaan pidettyä alhaalla. Erilaisten toimintojen yhteydessä on tehtävä päätökset halutaanko ne tehdä itse yrityksessä vai ostaa ulkoa. Tällä päätöksellä on usein suora vaikutus OPEX:iin pitkällä tähtäimellä. Puheen siirtyminen samaan verkkoon datan kanssa alentaa käyttö-kustannuksia, sillä yhden verkon ylläpito on edullisempaa kuin kahden verkon.

6.6 Kannattavuuden tarkastelu

Edellisessä kappaleessa arvioitiin SIP-palvelun kannattavuuteen vaikuttavia seikkoja. Seuraavassa kappaleessa analysoidaan niiden avulla valitun sovelluksen kannattavuutta.

6.6.1 Kannattavuuden tarkastelun haasteet ja rajoitukset

Investointien vaikutukset ulottuvat yleensä pitkälle yrityksen tulevaisuuteen, joten investointipäätöksiin liittyy aina epävarmuutta. Aikajänteen pidentyessä voidaan odottaa epävarmuuden keskimäärin kasvavan. Epävarmuuden ohella investointipäätöksissä tuottaa ongelmia mittaaminen. Kaikissa päätöksissä joudutaan tosin ottamaan huomioon mitattavissa olevien tekijöiden lisäksi myös harkinnanvaraiset tekijät, joiden osuus investointipäätöksissä on monesti erittäin suuri. Investointien pitkistä aikaulottuvuudesta johtuu, että investointilaskelmiin mukaan otettavat tuotot ja kustannukset sattuvat useille eri ajankohdille, esimerkkinä tämä laskelma, jossa tulot kasvavat tasaisesti vuodesta toiseen, mutta investointeja tehdään muutaman vuoden välein.⁹²

⁹¹ Mubarak, Michel, *Protecting your VoIP investment*, Voice On the Net, Spring '04 - konferenssi

⁹² Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

Näitä kolmea asiaa eli epävarmuuden huomioon ottamista, mittausongelmaa sekä eriaikaisten suoritusten vertailukelpoiseksi tekemistä voidaan pitää investointien keskeisimpinä haasteina. Näiden ratkaisusta riippuu suuresti se, miten onnistuneita investointipäätökset ovat. Eriaikaisten suoritusten vertailua vaikeuttaa, että rahan ostovoima inflaation johdosta pienenee, mutta tätä rahan arvon muutosta ei ole otettu huomioon seuraavissa laskelmissa.⁹³

Yritykselle jolla on jo olemassa olevaa toimintaa, teknologiainvestointien kannattavuus riippuu paljolti siitä, kuinka paljon kustannuksia niiden käyttöönottoon liittyvä koulutus sekä toimintatapa- ja organisaatiomuutokset aiheuttavat. Tuottavuusvaikutukset näkyvät täysimääräisinä usein vasta vuosien päästä. Näitä vaikutuksia ei ole otettu huomioon tässä tarkastelussa, kuten ei myöskään mahdollisia säästöjä siirtymisestä yhteen verkkoon ja verkonhallintaan. IP-laitetoimittaja Convedia Corporationin markkinointijohtajan Ray Adensamerin mukaan siirtyminen VoIP:iin vähentää sekä CAPEX:ia että OPEX:ia jopa 60–80 %.⁹⁴ Tämä perustuu siihen, että voidaan käyttää hyväksi jo olemassa olevaa ja yhdistää uusia osioita kuten laitteistoa, koulutusta, virtaa, ylläpitoa ja operointia. Tämän tarkastelun ulkopuolelle jätetään myös investoinnin verovaikutukset.

Investoinnista saatavien vuotuisten tuottojen ja siitä aiheutuvien vuotuisten kustannusten erotusta nimitetään seuraavassa nettotuotoksi. Perushankintakustannuksella tarkoitetaan kaikkia niitä kustannuksia, jotka aiheutuvat investoinnin toimeenpanoon kuuluvien pitkävaikutteisten tuotantotehtäimien hankkimisesta. Investoinnin pitoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jona investointia käytetään, ja sen pituus riippuu monista tekijöistä.⁹⁵

Tässä laskelmassa investoinnin pitoaika on viisi vuotta. Lisäksi oletetaan, että SIP-palveluiden tekniikka kehittyy lähivuosina niin paljon, että tämän jälkeen markkinoilla on parempaa tekniikkaa, jolla nykyinen investointi korvataan. Investoinnin jäännösarvolla tarkoitetaan sitä myyntituloa, joka perusinvestoinnista voidaan saada pitoajan päättyessä. Järjestelmän jäännösarvo arvioidaan tässä niin pieneksi suhteessa investoinnin suuruuteen, että se voidaan jättää huomioimatta.

⁹³ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

⁹⁴ Adensamer, Ray, *IP Media Servers for Enhanced Service Solutions*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

⁹⁵ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

6.6.2 Investoinnin tuotto

Investointi merkitsee pääoman sitomista yrityksen toimintaan. Laitteisiin sidottu pääoma kertyy takaisin tuloina vähitellen investointiajanjakson kuluessa. Yritys ei saa pääomaa ilmaiseksi, vaan vieraan pääoman ehdoin saadulle pääomalle on maksettava korkoa ja oman pääoman ehdoin rahoittaneet odottavat osinkoja. Investointien edullisuutta koskevissa laskelmissa sovellettava korkokanta voidaan nähdä kustannuksena, joka pääoman käytöstä on maksettava. Tämä kustannus on katettava pääoman tuotolla.⁹⁶

Toisaalta pääomalle saattaa olla tarjolla useita tuottavia investointikohteita. Jotta jokin vaihtoehto yleensä tulisi harkittavaksi, tuoton tulee olla ainakin pääoman kustannusten suuruinen. Usein investointilaskelmissa käytetään korkokantaa, joka vastaa yrityksen investointien keskimääräistä tuottoa. Laskentakorkoa voidaan tällöin pitää tuottovaatimuksena, joka toimeenpantavaksi hyväksyttävien investointien tulee täyttää.⁹⁷ Tässä laskelmassa laskentakorkokantana on käytetty 10 prosenttia.

6.6.3 Nykyarvo

Nykyarvomenetelmässä (NPV, Net Present Value) kaikki investoinnista kertyvät tuotot ja syntyvät kustannukset diskontataan nykyhetkeen laskentakorkoa käyttäen. Investointi on kannattava, jos nykyarvo on positiivinen. Yksinkertaistamalla voidaan sanoa investoinnin kannattavuuden edellyttävän, että siitä kertyvien nettotuottojen nykyarvo laskentakorkokannan mukaan on suurempi kuin perushankintakustannus. Jos merkitään

S_t = t:nnen vuoden nettotuotto,

n = investointiajanjakso vuosina,

i = laskentakorkokanta ja

P = perushankintakustannus,

niin nettotuottojen nykyarvo on

$$V_0 = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Investoinnin edullisuus edellyttää silloin, että

$$V_0 \geq P \text{ eli } V_0 - P = 0. \quad ^{98}$$

⁹⁶ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

⁹⁷ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

⁹⁸ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

6.6.4 Sisäinen korkokanta

Sisäinen korkokanta on se laskentakorkokanta, jonka mukaan investoinnin nykyarvo on nolla. Toisin sanoen on voimassa yhtälö

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+j)^t}$$

kun sisäistä korkokantaa merkitään j :llä. Investoinnin edullisuus riippuu siitä, onko sisäinen korkokanta vähintään yhtä suuri kuin tavoitteeksi asetettu pääoman tuotto. Jos sisäinen korkokanta on pienempi, investointi ei ole kannattava. Useasta investointivaihtoehdosta kannattavin on se, jonka sisäinen korkokanta on suurin.⁹⁹

6.6.5 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan menetelmässä määritellään se aika, jonka kuluessa investoinnista kertyvät nettotuotot yhteensä ovat perushankintakustannuksen suuruiset. Takaisinmaksuajan menetelmä painottaa investoinnin rahoitusvaikutuksia. Sen käyttäminen investointipäätöksissä suosii sellaisia investointeja, joista niihin sidottu pääoma saadaan nopeasti takaisin. Takaisinmaksuaika ei välttämättä ilmaise investoinnin kannattavuutta, koska jokin investointi voi olla kannattava juuri sen vuoksi, että siitä saadaan nettotuottoja pitkän aikaa. Takaisinmaksuaikaa käytetään sen puutteista huolimatta melko paljon. Yhdessä muiden peruslaskentamenetelmien kanssa se sopii käytettäväksi esimerkiksi riskinalaisissa investoinneissa, joiden tuottoa pitkällä aikajänteellä saattaa olla vaikea, jopa mahdoton ennustaa.¹⁰⁰

6.6.6 Investoinnin tuotto prosentti

Pitkän aikajänteen kannattavuutta tarkkailtaessa on otettava huomioon myös toiminnan vaatima pääoma. Kannattavuuden tunnuslukuna käytetään investoinnin tuotto prosenttia (ROI, Return On Investment), jota nimitetään myös pääoman tuotto prosentiksi. Investoinnin tuotto prosenttin avulla osoitetaan investoinnin kannattavuus. Pääoma on useassa tapauksessa yrityksen toimintaa eniten rajoittavaa tekijä. Tällöin investoinnin tuotto prosentti on se väline, jonka avulla voidaan arvostella ja vertailla yrityksen eri osastojen, toimenpiteiden ja vaihtoehtojen kannattavuutta.¹⁰¹

⁹⁹ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

¹⁰⁰ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

¹⁰¹ Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

6.7 WWW-pohjaisen videoneuvottelun liiketoimintalaskelma

Seuraavaksi lasketaan esimerkki WWW-pohjaisen videoneuvottelupalvelun kannattavuudesta.

6.7.1 Asiakasmäärät

Laskelmaa varten on arvioitu, että WWW-pohjaista videoneuvottelua käyttäisi alkuun muutama prosentti laajakaista-asiakkaista, mutta päätelaitteiden kehittyessä palvelusta tulisi yhä suositumpi. Esimerkiksi mahdollisuus käyttää palvelua television kautta laajentaisi käyttäjäkuntaa. Kyseisellä operaattorilla olisi 30 % markkinaosuus. Palvelun churn olisi 10 prosenttia, johtuen alkuun lähinnä palvelun mahdollisista puutteista ja myöhemmin lisääntyvästä kilpailusta. Näiden perusteella saadaan vuoden 2008 lopussa asiakkaiden määräksi noin 87 000, laskelma esitetty taulukossa 6-3.

Taulukko 6-3 WWW-pohjaisen videoneuvottelun asiakasmäärät

| Asiakasmäärät | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Laajakaistaliittymiä | 750 000 | 1 000 000 | 1 100 000 | 1 200 000 | 1 300 000 |
| Palvelun penetraatio | 3 % | 10 % | 15 % | 20 % | 25 % |
| Markkinaosuus | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % |
| Uusia asiakkaita | 6 750 | 23 925 | 22 500 | 27 450 | 32 700 |
| Churn | 10 % | 10 % | 10 % | 10 % | 10 % |
| Palvelussa käyttäjiä yhteensä | 6 075 | 27 000 | 44 550 | 64 800 | 87 750 |

6.7.2 Käyttömäärät

Neuvottelupalvelun käytössä osa puheluista suuntautuu IP-verkon sisältä palveluun, kun taas osa tulee lanka- tai mobiiliverkosta. Seuraavassa laskelmassa on oletettu, että IP-verkon sisäiset puhelut ovat keskimäärin pidempikestoisia kuin puhelut muihin verkkoihin, syynä tähän on niiden halvempi hinta. Lisäksi on arvioitu, että asiakkaat haluavat tehdä kahden vuoden välein muutoksia palveluun, kuten esimerkiksi vaihtaa puhelinnumeroa tai laskutustapaa.

Taulukko 6-4 WWW-pohjaisen videoneuvottelun käyttömäärät

| Palvelun käyttö / asiakas | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--|------|------|------|------|------|
| Puhelut IP-verkossa, kpl | 250 | 240 | 240 | 240 | 240 |
| Puhelut lanka- ja mobiiliverkosta, kpl | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Puhelun keskipituus IP-verkossa min | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Puhelun keskipituus, muut verkot min | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Palvelut, kpl | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

6.7.3 Hinta

Videoneuvottelun hintaa arvioitaessa otetaan huomioon puheluhinnan lisäksi myös videokuvan hinnan osuus. 3G-videopuhelut lanseerannut Saunalahti on hinnoitellut videopuhelun 0,19 euroksi minuutilta¹⁰². Tämä on arviolta hiukan yli kaksinkertainen hinta verrattuna pelkkään äänipuheluun. Taulukossa 6-5 on arvioitu että myös SIP-puheluissa videopuhelun hinta on kaksinkertainen pelkkään äänipuheluun verrattuna. Muista verkoista, lähinnä 3G-verkosta, tulevat puhelut on alkuun hinnoiteltu kuten Saunalahden 3G videopuhelut. Näiden hintojen on niin ikään oletettu laskevan 30 prosenttia tarkastelujakson aikana. Liittymis-, kuukausi- ja palvelumaksut on arvioitu samansuuruisiksi kuin äänipuheluissakin.

Taulukko 6-5 WWW-pohjaisen videoneuvottelun hinnat

| Videoneuvottelun hinnat | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Liittymismaksu | 19,00 | 18,00 | 16,00 | 14,00 | 13,00 |
| Kuukausimaksu | 5,00 | 5,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Minuuttimaksu IP-verkossa | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Minuuttimaksu muista verkoista | 0,19 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,13 |
| Palvelumaksu | 10,00 | 9,00 | 8,00 | 8,00 | 7,00 |

6.7.4 Käyttöomaisuusinvestoinnit

Alla olevassa taulukossa 6-6 on eritelty videoneuvottelupalveluun tarvittavat investoinnit 1 000 euroina. Ulkoisesta ja sisäisestä työstä aiheutuu eniten kuluja ensimmäisenä vuonna kun järjestelmät pystytetään, ja tämän jälkeen aina silloin, kun järjestelmään lisätään komponentteja kapasiteetin lisäämiseksi. Muutoin henkilötöy lasketaan liiketoimintakuluihin. Ensimmäisen vuoden investoinniksi työhön lasketaan 91 000 euroa, ja tämän jälkeen aina yksi henkilötöy-kuukausi yhtä uutta palvelinta kohden.

Palvelimen hintana on käytetty 1 600 euroa¹⁰³ ensimmäisenä vuotena ja on arvioitu että hinnat laskevat 20 % vuosittain. Kaikista järjestelmän palvelimista on varalla toinen vastaava palvelin vikatilanteiden varalle. Yhdyskäytävien investointilaskelmat on esitetty liitteessä 2.

SIP-palvelimen lisenssi maksaa noin 28 000 euroa¹⁰⁴. Tämän palvelimen kapasiteetti riittää koko tarkastelujakson ajaksi. Samoin laskutusjärjestelmän investointi tehdään vain kerran

¹⁰² Saunalahden tiedote 21.1.2005 <http://saunalahti.fi/tiedote/tiedote.php?index=1718>

¹⁰³ CNET.com, Latest prices for Sun Fire V120 - UltraSPARC III 650 MHz, <http://shopper.cnet.com>, viitattu 9.10.2005

seurantajakson aikana, sillä oletetaan että samalla järjestelmällä pystytään hoitamaan myös suuren asiakasmassan laskutus. Laskutusjärjestelmän hinnan arvioidaan olevan sama kuin SIP-palvelimen. Neuvottelupalvelimen hinnaksi on arvioitu 288 euroa per yhtäaikainen käyttäjä ja lisäksi palvelimen hinta.

Taulukko 6-6 WWW-pohjaiseen videoneuvottelupalvelun käyttöomaisuusinvestoinnit

| Investoinnit | 2 004 | 2 005 | 2 006 | 2 007 | 2 008 |
|----------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Työ | -91 | -3 | -3 | -7 | -3 |
| SIP-palvelimet | -61 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yhdyskäytävät | -28 | -44 | -71 | -68 | -130 |
| WWW-palvelimet | -3 | 0 | 0 | -2 | 0 |
| Neuvottelupalvelimet | -21 | -36 | -71 | -85 | -201 |
| Laskutusjärjestelmä | -61 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yhteensä | -263 | -84 | -145 | -162 | -334 |

Laskelmasta nähdään, että suurin investointierä on aluksi järjestelmän pystytyksessä. Tarkastelujakson lopulla alkaa suuri käyttäjämäärä vaikuttaa merkittävästi käyttäjämäärään pohjautuvien investointien kautta.

6.7.5 Liiketoimintakulut

Alla olevaan taulukkoon 6-7 on kerätty SIP-palvelun liiketoimintakuluja, luvut esitetty 1 000 euroissa. Operointikuluihin on laskettu yksi henkilötyövuosi ensimmäisenä vuonna ja yksi uusi henkilö joka vuosi. Ylläpitokulujen on arvioitu olevan 10 prosenttia järjestelmän arvosta, joten ylläpitokulut kasvavat järjestelmän kasvaessa ajan myötä.

Asiakaspalveluun tarvitaan saman verran työvoimaa kuin operointiin. Laskutukseen riittää koko tarkastelujakson ajaksi yksi henkilötyöviikko kuukaudessa. Henkilötyövuoden kustannuksena on käytetty 50 000 dollaria¹⁰⁴ eli noin 41 000 euroa. Myyntiin ja markkinointiin käytetään 5 % tuotoista¹⁰⁶. Suurin osa operatiivisista kustannuksista pysyy samana asiakasmäärän ja järjestelmän koon kasvaessa, muutos tapahtuu lähinnä myynti ja markkinointikustannuksissa.

¹⁰⁴ CNET.com, *Latest prices for Sun Fire V120 - UltraSPARC III 650 MHz*,
<http://shopper.cnet.com>

¹⁰⁵ Cisco Systems, *Voice Infrastructure and Applications Solution: The Wholesale Terminating Carrier*, 2000

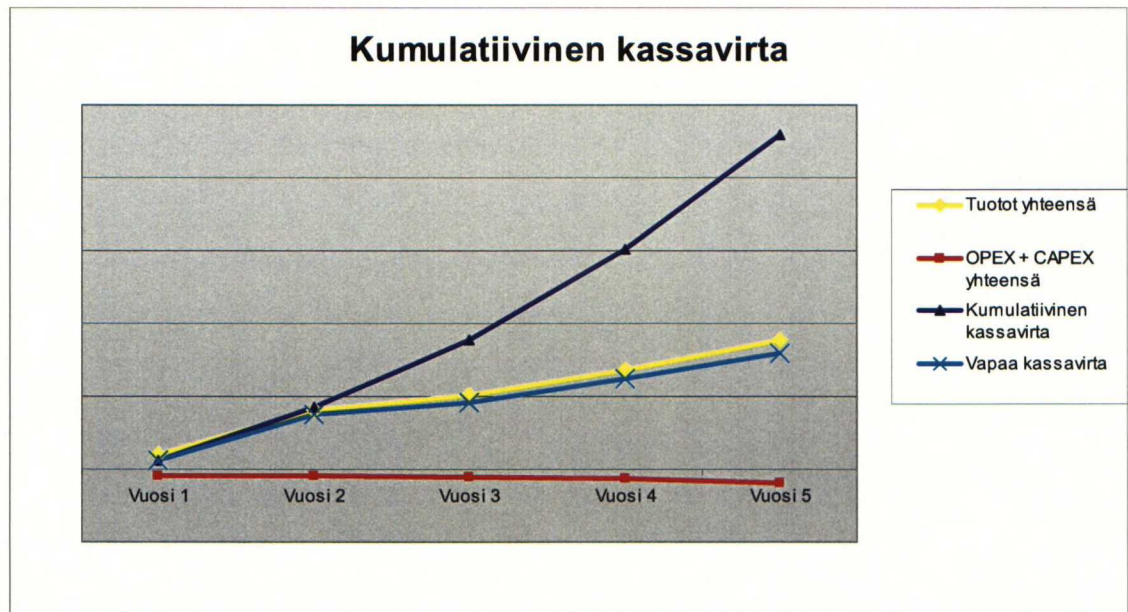
¹⁰⁶ Cisco Systems, *Voice Infrastructure and Applications Solution: The Wholesale Terminating Carrier*, 2000

Taulukko 6-7 WWW-pohjaiseen videoneuvottelupalvelun liiketoimintakulut

| Operatiiviset kustannukset | 2 004 | 2 005 | 2 006 | 2 007 | 2 008 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Operointi | -41 | -82 | -124 | -165 | -206 |
| Ylläpito | -17 | -25 | -39 | -55 | -88 |
| Asiakaspalvelu | -41 | -82 | -124 | -165 | -206 |
| Myynti ja markkinointi | -202 | -410 | -508 | -683 | -886 |
| Laskutus | -10 | -10 | -10 | -10 | -10 |
| Yhteensä | -312 | -611 | -805 | -1 078 | -1 396 |

6.7.6 Kannattavuus

Arvioitaessa WWW-pohjaisen videoneuvottelupalvelun kannattavuutta on otettava huomioon, että investointeja tehdään järjestelmään sitä mukaa kun asiakasmäärät kasvavat, ja varsinainen alkuinvestointi on pieni menoerä suhteessa jatkuviin kuluihin kuten lisenssimaksuihin. Tästä menorakenteesta johtuen arvioidaan, että laskemalla nettonykyarvo saadaan parhaiten arvioitua palvelun kannattavuutta. Sisäisen korkokannan, investoinnin tuottoprosentin ja takaisinmaksu-ajan laskentaan vaikuttaa investointien jakautuminen usealle vuodelle, joten näitä tunnuslukuja ei tässä yhteydessä lasketa.



Kuva 6-2 WWW-pohjaisen videoneuvottelun kassavirta

Nettonykyarvoksi saadaan noin 32,4 miljoonaa euroa, tarkempi laskelma on esitetty liitteessä 3. Kuvassa 6-2 on esitetty palvelun kassavirta, ja kuvaajasta voidaan todeta palvelun kassavirran pysyvän positiivisena koko tarkastelujakson ajan. Näiden tunnuslukujen perusteella voidaan

sanoa, että WWW-pohjainen videoneuvottelu on kannattava palvelu, jos laskelmaa varten tehdyt oletukset pitävät paikkaansa. Järjestelmään tehtävät investoinnit ovat melko pieniä, ja etenkin jatkossa kulut riippuvat suuresti asiakasmääristä, joten jos palvelulle ei saada tarpeeksi asiakkaita myös tappiot jäävät pieniksi. Näin ollen investoinnin riski on melko vähäinen.

Tässä laskelmassa on oletettu, että järjestelmä pohjautuu SIP:iin. Kustannusten ja tuottojen kannalta olisi käytettävä protokolla voinut olla myös jokin muu, mutta SIP:n valinnalla on välillisiä vaikutuksia kannattavuuteen. SIP:n suosion myötä laitekustannukset ovat pienemmät suurempien tuotantovolyymien ansiosta ja käyttäjämäärät ovat suurempia, sillä yhteensopivia laitteita on enemmän.

7 Johtopäätökset

Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää teleoperaattorin mahdollisuutta hyötyä alan kehityksestä tarjoamalla uuden tekniikan mahdollistamia palveluita. IP-puheeseen siirtyminen kiristää kilpailua puheviestinnän alalla mutta tuo myös uusia mahdollisuuksia. Kilpailu kansainvälistyy entisestään, sillä palvelut eivät ole enää paikka- tai verkkoriippuvaisia. Operaattorille on tärkeää tunnistaa palvelut, joista asiakkaat ovat valmiit maksamaan.

7.1 Tulokset

Operaattorilla on kaksi tapaa positoida IP-puhetuotteensa eli joko korvata asiakkaan vanha puhepalvelu halvemmalla tai tarjota ominaisuuksiltaan aiempaa parempaa tai monipuolisempaa puhepalvelua. Asiakashintojen alentaminen on VoIP:n myötä mahdollista alempien tuotantokustannusten ansioista ja IP-pohjaisuus mahdollistaa palveluita, joista asiakkaat ovat valmiit maksamaan enemmän kuin pelkästä puheesta.

Skaalautuva ja luotettava VoIP-järjestelmä vaatii investointeja järjestelmän pystytykseen ja laajentamiseen sekä varoja ylläpitoa varten. IP-puheluiden tekniikkaa varten tarvitaan sekä perinteisen lankaverkon että uudemman IP-verkon osaamista, mutta tällainen yhdistelmä on vielä nykyään melko harvinaista. Laskutuksen ja taustajärjestelmien, kuten vianhallintajärjestelmien, integraatio on myös toteutettava.

Operaattorin kannalta puhe- ja dataliikenteen siirtyminen integroituun infrastruktuuriin tuo useita vaikutuksia kustannussäästöjen lisäksi. Integraation myötä kiinteä IP-verkko ja 3G-verkko sulautuvat yhä enemmän yhteen, mikä tuo asiakkaalle päätelaite- ja paikkariippumattomuutta. Tällöin palvelut ovat asiakkaan kannalta yhä useammin käytettävissä, mikä merkitsee operaattorin kannalta lisääntyvää palvelun käyttöä ja lisää laskutettavia minuutteja. Infrastruktuurin integraation myötä myös sovellusten integraatio helpottuu. Asiakas kokee integraation hyödyn palveluiden helppokäyttöisyytenä ja joustavuutena, operaattorille puolestaan tämä tarkoittaa lisää laskutettavia minuutteja erilaisista lisäpalveluista.

Vertailussa SIP:n ja muiden kommunikaatioprotokollin kesken nousevat esille SIP:n suosio ja sen tuomat edut kuten se, että laitekustannukset ovat pienemmät suurempien tuotantovolyymien ansiosta ja että käyttäjämäärät ovat suurempia sillä yhteensopivia laitteita on käyttäjillä enemmän. Jatkossa nämä hyödyt ovat kuitenkin mahdollisesti jonkun muun teknologian puolella, mutta tällä hetkellä näyttää, että SIP:llä on IP-kommunikaatiomarkkinoilla valta-asema.

Tarkasteltavaksi sovellukseksi valittiin WWW-pohjainen videoneuvottelu, jonka kulurakenne ja kannattavuus selvitettiin. Muiden sovellusten tarkastelu olisi mahdollista tehdä vastaavalla tavalla, mutta niiden kustannuslaskelmat ovat usein monimutkaisempia, sillä tuotantoketjussa on useampia osapuolia kuin laitevalmistaja ja operaattori. Osa näistä sovelluksista tarjoaa muille toimijoille kuin operaattoreille kannattavia liiketoimintamahdollisuuksia, esimerkiksi puhepalvelun integrointi sähköpostijärjestelmään tukee käyttöjärjestelmätoimittajan liiketoimintaa.

Kulurakenteesta nähdään, että investointeja tehdään järjestelmään sitä mukaa kun asiakasmäärät kasvavat ja että varsinainen alkuinvestointi on pieni menoerä suhteessa jatkuviin kuluihin kuten lisenssimaksuihin. Suurin osa operatiivisista kustannuksista pysyy samana asiakasmäärän ja järjestelmän koon kasvaessa, kun taas muutos kohdistuu lähinnä myynti- ja markkinointikustannuksiin. Tarkastelujakson lopulla suuri käyttäjämäärä alkaa vaikuttaa kustannuksiin merkittävästi käyttäjämäärään pohjautuvien investointien kautta. Tämän seurauksena arvioitiin, että laskemalla nettonykyarvo ja tarkastelemalla kassavirtaa saatiin parhaiten tarkasteltua palvelun kannattavuutta.

Palvelun kassavirta pysyy positiivisena koko tarkastelujakson ajan ja nettonykyarvo tarkastelujaksolle on selvästi positiivinen. Näiden tuloksien perusteella voidaan todeta, että operaattorille on kannattavaa tarjota WWW-pohjaista videoneuvottelupalvelua, mikäli työssä tehdyt oletukset pitävä paikkaansa.

7.2 Arviointi

Palvelun kannattavuutta on arvioitu sen nettonykyarvon ja kassavirran perusteella. Näitä tunnuslukuja on siis käytetty tutkimuksessa mittareina. Relevanttius eli oleellisuus on tärkeä vaatimus mittarille. Tällä tarkoitetaan sitä, että mittarin tulee antaa sellaista tietoa, joka tuottaa lisäarvoa tai on muuten merkittävä päätöksenteon kannalta. Voidaan olettaa, että tarkasteltavaksi valitun palvelun kannattavuutta voidaan tarkastella parhaiten nettonykyarvon avulla. Syynä tähän on palvelun kulurakenne, jossa investointeja tehdään asiakasmäärän kasvun mukaan ja alkuinvestointi on melko pieni. Kassavirran tarkastelu tukee tätä oletusta ja nämä tulokset näyttävät yhdenmukaisesti palvelun kannattavuutta.

Mittarin arvon tulee olla riittävän reliaabeli eli riittävän tarkka. Tällä tarkoitetaan sitä, että reliaabeli mittari tuottaa toistetuissa mittaustilanteissa samasta mittaushetkestä tuloksia, jotka keskittyvät vain pienelle alueelle. Tässä työssä mittarin tarkkuuteen vaikuttavat tehdyt oletukset lähtöarvoista. Tarkkuuden parantamiseksi on pyritty löytämään kustannuksille ja tuotoille tietyt

referenssiarvot. Osassa arvioita on tehty tiettyjä oletuksia esimerkiksi markkinoiden käyttäytymisestä, ja näiden oletuksien oikeellisuus vaikuttaa tulokseen huomattavasti. Mittausongelmien lisäksi liiketoiminnan tunnuslukujen laskentaan liittyvät perinteiset ja monesti hankalat ongelmat, jotka yleensä liittyvät yrityksen laskentatoimeen. Investointien keskeisimmät haasteet sisältävät epävarmuuden huomioon ottamista, mittausongelmaa sekä eriaikaisten suoritusten vertailukelpoiseksi tekemistä. Aikajänteen pidentyessä voidaan lisäksi odottaa epävarmuuden keskimäärin kasvavan. Tässä työssä aika on rajattu viiteen vuoteen.

Yritykselle, jolla on jo olemassa olevaa toimintaa, teknologiainvestointien kannattavuus riippuu paljon siitä, kuinka paljon kustannuksia niiden käyttöönottoon liittyvä koulutus sekä toimintatapa- ja organisaatiomuutokset aiheuttavat. On huomioitava, että VoIP-palvelun tuottavuusvaikutukset näkyvät täysimääräisinä usein vasta vuosien päästä, ja ettei näitä vaikutuksia ole otettu huomioon tässä tarkastelussa. Myöskään säästöjä siirtymisestä yhteen verkkoon ja verkonhallintaan ei ole huomioitu, joten käytännössä SIP-sovelluksen tarjoaminen on jopa kannattavampaa kuin laskelman perusteella on arvioitu, mikäli palveluntarjoajalla on jo olemassa olevaa infrastruktuuria.

Tulokset ovat yleistettävissä Suomen lisäksi myös muihin Länsi-Euroopan maihin kuitenkin siten, että paikallinen palveluiden hintataso otetaan huomioon. Kuitenkin esimerkiksi palvelimien hinta on sama maasta riippumatta, sillä kyseessä on maailmanlaajuinen markkina. Tuloksia on tarkasteltava nimenomaan vallitsevaa tilannetta kuvaavina, ja mikäli voidaan katsoa, että tilanne muuttuu merkittävästi kohdemaan mukaan, on tarkastelu tehtävä uusin tiedoin.

7.3 Hyötykäyttö

Tämän tutkielman tuloksia on mahdollista käyttää selvityksen pohjana sille, minkälaisia palveluita operaattorin tulisi harkita laajentaessaan toimintaa IP-kommunikaatiopalveluihin ja arvioitaessa kuinka kannattavaa tämä olisi.

7.4 Jatkotutkimukset

Tässä työssä tutkittiin vain yhden SIP-pohjaisen sovelluksen kannattavuutta, mutta myös muiden sovelluksien tarkastelu olisi mielekästä. Jos operaattori tarjoaa useampaa IP-pohjaista palvelua, tulee näiden kannattavuus tarkastella yhtäaikaaisesti, sillä useat kustannuskomponentit voidaan jakaa palveluiden kesken.

Lisäksi olisi mahdollista tarkastella tutkitun tapauksen kannattavuutta siten, että huomioidaan kustannussäästöt, joita saadaan kun perinteinen tekniikka korvataan IP-pohjaisella. Tämä tilanne on varsin yleinen nykyisillä operaattoreilla, joten käyttökohteita tutkimuksella varmasti löytyisi.

On olettavissa, että jatkossa käyttäjille veloitusettomien IP-pohjaisten palveluiden valikoima laajenee edelleen. Kehittyvän tekniikan myötä esimerkiksi WLAN (Wireless Local Area Network) puhelut tulevat yleistymään, mikä taas muuttaa operaattorin roolia puheluiden kannalta. Tällöin tässä tutkielmassa tehdyt oletukset eivät enää päde, ja SIP-palveluiden kannattavuus on tarkasteltava uudestaan.

8 Lähteet

Kirjallisuus

- Abbate, J., *Inventing the Internet*. The MIT Press, 1999
- Bergquist O., Sjöstedt M., *IP Telephony: A Swedish Perspective*, 2003
- Cisco Systems, *Voice Infrastructure and Applications Solution: The Wholesale Terminating Carrier*, 2000
- Davidson, Peters, *Voice over IP*, IT Press 2002
- Economides, Nicholas, *Economics of Networks*, International Journal of Industrial Organization, Vol 14, No.2 1996
- Elisa Puhekaista -hinnasto 1.1.2005
- Internet-puhelut (VoIP), Liikenne- ja viestintäministeriö 2005
- Ipon Communicationsin Laajakaistapuhelin -hinnasto 1.1.2005
- ISO 9241-11, *Guidance on Usability*, 1998
- Kansallinen laajakaistatyöryhmä, *Kansallinen laajakaistastrategia*, Liikenne- ja viestintäministeriö 2005
- Kansallisen ENUM-pilotin yleiskuvaus, Viestintävirasto 2003
- Kurikka, Päivi, *Kahden kerroksen kännykkäkansaa: Nuorten tietotekniikan käyttö ja asenteet tietoyhteiskuntaa kohtaan Nuorten Suomi 2001 -tutkimuksessa*, SITRA 2002
- Liikenne- ja viestintäministeriö, *Suomen telemaksujen hintataso 2003*, 2004
- Lintula, Petri, *Suoraviestintää ja läsnäoloa SIP:illä*, Pro gradu -tutkielma 2004
- Microsoft, *Live Communications Server 2003 -Guide*, 2003
- Mier, Edwin, *In Search Of The VOIP Killer App*, Business Communications Review Syyskuu 2004
- MITA - Mobile Internet Technical Architecture, IT Press 2001
- Mobile IPv6 - Mobility Support for the Next Generation Internet, IABG 2000
- Moilanen, Raine J.W., *Internetin historia*, 2004
- Online Console Games Market Requires Speech and SIP, The Zelos Groupin markkinatutkimus 2003
- RFC 3261, *SIP: Session Initiation Protocol*, IETF 2002
- RFC 3951, *Internet Low Bit Rate Codec (iLBC)*, IETF 2004
- RFC 788, *Simple Mail Transfer Protocol*, IETF 1981

RFC1945, *Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0*, IETF 1996

Riistamo, Jyrkkiö, *Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö*, WSOY 1999

Sauvola, Seppänen, Hagelberg, Kaukonen, Korhonen, Tienari, *Älykkäämpää hakuteknologiaa*, Prosessori -lehti Marraskuu 2004

Sinnreich H., Johnston, A.B., *Internet Communications Using SIP: Delivering VoIP and Multimedia Services with Session Initiation Protocol*, John Wiley & Sons, Inc 2001

Sonera Puhekaista -hinnasto 1.1.2005

Telepalvelututkimus 2003, Liikenne- ja viestintäministeriö 2003

TeliaSoneran tilinpäätöstiedote 2004

TTVK käynnistää valistuskampanjan suomalaisille vertaisverkon käyttäjille, Tekijänoikeiden tiedotus- ja valvontakeskus tiedote 5.1.2005

Wainhouse research, *The Business Case for IP Media Servers, The next generation of conferencing bridges*, 2003

Konferenssimateriaali

Adensamer, Ray, *IP Media Servers for Enhanced Service Solutions*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Blank, Michelle A., *Collaborative Software & Conferencing*, Voice On the Net, Spring '04 – konferenssi

Deutsch, Bernhard, *FTTH = Fast Net Reality?*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Isomäki, Markus, *Peer-to-Peer Communication Services in the Internet*, Peer to Peer and SPAM in the Internet –lisensiaattityöseminaari 2003

Johnston A., Sinnreich H., *SIP Tutorial, Introduction to SIP*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Eslambolchi, Hossein, *VoIP - From Concept to Reality*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Hares, Teemu, *Palvelun laatu mobiilissa Internetissä*, Tietoverkkotekniikan Mobiili Internet -seminaari 2002

Herzogh, Zoltan, *IP Communications in Europe*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Hämmäinen, Heikki, *Operators, Networking Business* -kurssin luentokalvo 2004

Kaushik Patel, *SIP Peering Strategies*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Kurganov, Alex, *Evolution Of Collaboration And conferencing Services*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Mierla, Daniel, *Charging Plan Definition Language*, International SIP 2004 -konferenssi

Moubarak, Michel, *Protecting your VoIP investment*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Oracle, Voice On the Net, Spring '04 –konferenssi

Templeton, Brad, *Voice inside*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

Wiener, Bryan, *The Long-Term Role of the Broadband VoIP Provider*, Voice On the Net, Spring '04 -konferenssi

WWW-sivut (viitattu 20.2.2005)

Adagen WWW-sivut, *Käyttöliittymät ja käytettävyys*,
http://www.adage.fi/artikkelit/kayttoliittymat_kaytettavyys.html

Blue Book WWW-sivut, *Puhelinpalvelusanasto*,
http://www.opas.net/suora/b_04_puhelinpalvelusanastoa.htm

Ciscon WWW-sivut, *Click-toDial*,
<http://www.cisco.com/warp/public/779/servpro/services/packtelephony/clicktodial.html>

CNET.com, *Latest prices for Sun Fire V120 - UltraSPARC III 650 MHz*,
<http://shopper.cnet.com>

Habbo Hotel WWW-sivut, <http://www.habbohotel.fi>

Microsoftin WWW-sivut, <http://www.microsoft.com>

Ragnarok-pelin WWW-sivut, <http://iro.ragnarokonline.com>

Saunalahden tiedote 21.1.2005, <http://saunalahti.fi/tiedote/tiedote.php?index=1718>

Siemensin WWW-sivut, <http://www.siemens.fi>

SIP Forumin jäsenluettelo, <http://www.sipforum.org>

Skypen WWW-sivut, <http://www.skype.com>

Ulticomin www-sivut, *SIP applications*,
http://www.ulticom.com/html/products/sip/sip_applications.asp

UserFirst designin WWW-sivut, <http://www.userfirstdesign.com>

Liitteet

Liite 1: SIP-aviestivastaukset

| Vastausluokka | Tilakoodi | Selitys |
|-------------------|-----------|--|
| | | |
| Informatiiviset | 100 | Yritetään |
| | 180 | Hälyttää |
| | 181 | Puhelua käännetään |
| | 182 | Jonottaa |
| | | |
| Onnistuminen | 200 | OK |
| | | |
| Uudelleen ohjaus | 300 | Useita vaihtoehtoja |
| | 301 | Muuttunut pysyvästi |
| | 302 | Muuttunut tilapäisesti |
| | 303 | Etsi muita |
| | 305 | Käytä välityspalvelinta |
| | 380 | Vaihtoehtoinen palvelu |
| | | |
| Asiakaspään virhe | 400 | Virheellinen pyyntö |
| | 401 | Ei lupaa |
| | 402 | Maksu vaaditaan |
| | 403 | Piilotettu |
| | 404 | Ei löydy |
| | 405 | Metodi ei sallita |
| | 406 | Ei hyväksyttävä |
| | 407 | Välityspalvelimen todentaminen vaaditaan |
| | 408 | Pyynnön aika loppui |
| | 409 | Ristiriita |
| | 410 | Puhelu menetetty |
| | 411 | Pituus vaaditaan |
| | 413 | Pyyntö liian suuri |
| | 414 | Pyydetty URL liian suuri |

| | | |
|------------------|-----|-------------------------------|
| | 415 | Mediatyyppi ei tueta |
| | 420 | Virheellinen laajennus |
| | 480 | Tilapäisesti ei käytettävissä |
| | 481 | Puhelua tai tapahtumaa ei ole |
| | 482 | Silmukka havaittu |
| | 483 | Liian monta hyppyä |
| | 484 | Osoite vajavainen |
| | 485 | Moniselitteinen |
| | 486 | Täällä ruuhkaa |
| | | |
| Palvelimen virhe | 500 | Sisäinen palvelimen virhe |
| | 501 | Ei toteutettu |
| | 502 | Virheellinen yhdyskäytävä |
| | 503 | Palvelu ei käytettävissä |
| | 504 | Yhdyskäytävän aika loppui |
| | 505 | SIP-versiota ei tueta |
| | | |
| Globaali virhe | 600 | Kaikkialla ruuhkaa |
| | 603 | Torjuminen |
| | 604 | Ei esiinny missään |
| | 606 | Ei hyväksyttävä |

Liite 2: WWW-pohjaisen videoneuvottelun yhdyskäytävätarve

Erlang B

Grade of Service = 0,05

Hinta/linja 2003 = 700\$¹⁰⁷Hinnan aleneminen vuodessa = 20 %¹⁰⁸

Valuuttakurssi = 1,2144 dollaria / euro

Minimimäärä uusia linjoja = 30 kpl

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Asiaskasmäärä | 6075 | 32468 | 73771 | 131194 | 223374 |
| Keskimääräinen puhelu, min | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Keskimääräinen puhelu, h | 0,083 | 0,083 | 0,083 | 0,083 | 0,083 |
| Soitetut puhelut kpl/h (Arrival Rate) | 107 | 570 | 1295 | 2303 | 3922 |
| Vastaanotetut puhelut kpl/h (Arrival Rate) | 107 | 570 | 1295 | 2303 | 3922 |
| Erlangs-rho | 18 | 95 | 216 | 384 | 654 |
| Palvelunlaatu (Grade of Service) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Linjat | 30 | 120 | 240 | 290 | 690 |
| Hinta/linja | 461 | 369 | 295 | 236 | 189 |
| Investoinnit yhdyskäytäviin | 13 834 | 44 269 | 70 830 | 68 469 | 130 327 |

¹⁰⁷ Wainhouse research, *The Business Case for IP Media Servers, The next generation of conferencing bridges*, 2003

¹⁰⁸ Cisco Systems, *Voice Infrastructure and Applications Solution: The Wholesale Terminating Carrier*, 2000

Liite 3: WWW-pohjaisen videoneuvottelun nettonykyarvo

S_t = t:nnen vuoden nettotuotto
 n = investointiajanjakso vuosina
 i = laskentakorkokanta
 V_0 = nettotuottojen nykyarvo

$$V_0 = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

| | 2 004 | 2 005 | 2 006 | 2 007 | 2 008 |
|---------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Tuotot yhteensä | 2 020 | 8 207 | 10 161 | 13 668 | 17 712 |
| OPEX yhteensä | -312 | -611 | -805 | -1 078 | -1 396 |
| CAPEX yhteensä | -506 | -132 | -219 | -239 | -468 |
| OPEX + CAPEX yhteensä | -818 | -742 | -1 024 | -1 317 | -1 864 |
| Vapaa kassavirta | 1 202 | 7 464 | 9 137 | 12 351 | 15 848 |
| Kumulatiivinen kassavirta | 1 202 | 8 666 | 17 803 | 30 154 | 46 002 |

$$V_0 = \frac{S_1}{(1+i)} + \frac{S_2}{(1+i)^2} + \frac{S_3}{(1+i)^3} + \frac{S_4}{(1+i)^4} + \frac{S_5}{(1+i)^5} =$$
$$\frac{1202}{(1+0,1)} + \frac{7464}{(1+0,1)^2} + \frac{9137}{(1+0,1)^3} + \frac{12351}{(1+0,1)^4} + \frac{15848}{(1+0,1)^5} = 32\,400,69 \text{ €}$$

Kassavirta on ilmoitettu 1 000 euroina, nettonykyarvoksi saadaan 32 400 690 euroa.

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
TIETOVERKKOLABORATORIO